

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional. Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Sedangkan akses ke energi yang andal dan terjangkau merupakan prasyarat utama untuk meningkatkan standar hidup masyarakat. (Kusmayanto, 2006:2)

Kebutuhan energi listrik rumah-rumah di daerah terpencil seperti pedesaan di daerah Kalimantan Tengah sangat diperlukan disebabkan belum meratanya pasokan listrik ke semua pelosoknya, hal tersebut karena tidak dapat dijangkaunya jaringan listrik ke suatu wilayah tersebut oleh berada di daerah kawasan yang sulit untuk dijangkau pasokan listrik, padahal di daerah tersebut banyak sumber-sumber air mengalir yang dapat dimanfaatkan. Melihat kondisi sosial dan ekonomi masyarakat pedesaan yang mungkin masih di bawah, maka dalam pemanfaatan sumber-sumber air yang mengalir diperlukan pembangkit listrik yang mudah dalam perawatan, mudah serta murah dibuat dan material yang digunakan banyak terdapat dipasaran. Menurut studi yang di publikasikan world Bank, untuk biaya proyek pembangkitan energi dibawah 5kW untuk beberapa jenis pembangkit, seperti picohydro merupakan pembangkit dengan pembiayaan pembangkitannya

paling kecil yaitu sekitar 10-18 US cent/kWh. Perbedaan yang sangat besar antara pembangkit diesel dengan pikohydro, sehingga dapat di aplikasikan di daerah yang terpencil atau tempat-tempat yang belum terjangkau aliran listrik akan menggunakan generator diesel atau bahan bakar fosil sedangkan potensi untuk dibuat pembangkit picohydro begitu banyak (Jurnal Riset Industri, 2013)

Upaya pencarian energi alternatif selain energi fosil dan ketersediannya dapat terbarukan telah banyak dilakukan oleh para peneliti . Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti Matahari, angin, dan air. Sumber alami akan selalu tersedia dan tidak merugikan lingkungan. Sumber energi alternatif adalah sumber energi sebagai pengganti sumber energi yang tak terbarui. Semua sumber energi terbarui termasuk sumber energi alternatif. Sumber energi terbarui (*renewable*) didefinisikan sebagai sumber energi yang dapat dengan cepat di isi kembali oleh alam, proses berkelanjutan. Berikut ini adalah yang termasuk sumber energi terbarui, yaitu: Matahari, angin, air, biomass, dan panas Bumi. (Kusmayanto, 2006:23)

Allah SWT telah menciptakan langit dan bumi beserta isinya dan memberikan tanda-tanda kekuasaan-Nya bagi orang-orang yang berakal. Sebagaimana yang difirmankan-Nya dalam surah Ali 'Imran ayat 190 – 191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾
 الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ
 وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya :

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal”.

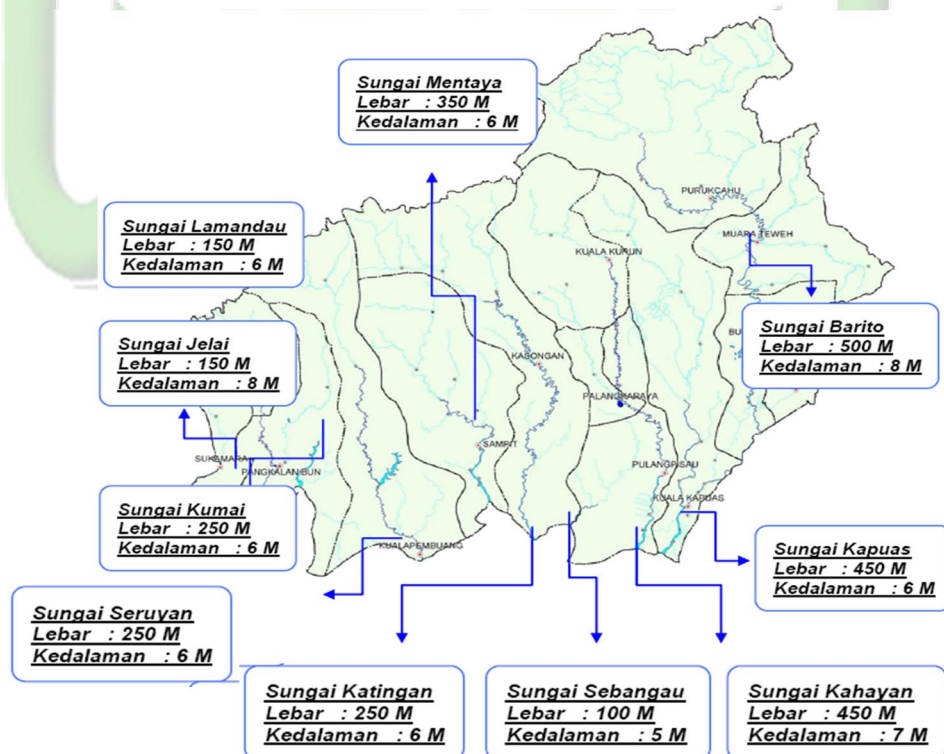
“(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka”. (QS. Ali ‘Imran :190 - 191)(Al-Qur’an Digital)

Dalam ayat 190 menjelaskan bahwa sesungguhnya dalam tatanan langit dan bumi serta keindahan perkiraan dan keajaiban ciptaan-Nya juga dalam silih bergantinya siang dan malam secara teratur sepanjang tahun yang dapat kita rasakan langsung pengaruhnya pada tubuh kita dan cara berpikir kita karena pengaruh panas matahari, dinginnya malam, dan pengaruhnya yang ada pada dunia flora dan fauna merupakan tanda dan bukti yang menunjukkan keesaan Allah, kesempurnaan pengetahuan dan kekuasaan-Nya.(Al-Maragi, 1993:288)

Pada ayat 191 mendefinisikan orang-orang yang mendalam pemahamannya dan berpikir tajam (Ulul Albab), yaitu orang yang berakal, orang-orang yang mau menggunakan pikirannya, mengambil faedah, hidayah, dan menggambarkan keagungan Allah.Ia selalu mengingat Allah (berdzikir) di setiap waktu dan keadaan, baik di waktu ia beridiri, duduk atau berbaring. Jadi dijelaskan dalam ayat ini bahwa ulul albab yaitu orang-orang baik lelaki

maupun perempuan yang terus menerus mengingat Allah dengan ucapan atau hati dalam seluruh situasi dan kondisi. (Shihab, 2002: 308)

Ayat ini ditujukan kepada orang-orang yang memiliki akal, untuk memperhatikan dan mengungkap rahasia-rahasia kekuasaan Allah, salah satunya adalah air. Air merupakan salah satu sumber energi yang dapat terbarukan dan keberadaanya melimpah di alam. Pemanfaatan energi air ini, selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, diharapkan juga dapat memberikan dampak positif di daerah sekitar sungai, yang pada akhirnya para masyarakat di sekitar sungai dapat merasakan manfaat dari aliran sungai tidak hanya sebagai tempat MCK dan transportasi saja, dan juga diharapkan dengan adanya alat pembangkit listrik ini masyarakat sekitar dapat menjaga kebersihan aliran sungai dari pembuangan sampah-sampah pada aliran sungai.



Gambar. 1.1 Kondisi Sungai Besar di Kalimantan Tengah

Kalimantan Tengah memiliki potensi sumberdaya air yang sangat besar (gambar 1.1) yang mengalir sepanjang tahun dengan debit dan ketinggian yang relatif cukup apabila dimanfaatkan sebagai sumber energi PLTA khususnya di Kabupaten murung raya dan Katingan. Data dari Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Kalimantan Tengah, menyebutkan di Kabupaten Murung Raya dan Katingan memiliki potensi untuk dikembangkan PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro) dan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Pikohydro) sebagai penyedia energi listrik di pedesaan,. Potensi ini ditunjang dengan keadaan alam daerah ini yang terdiri dari dataran rendah dan sebagian bergunung-gunung, hutan dan sungai-sungai besar dan kecil. Penggunaan energi mikrohydro dan pikohydro sebagai salah satu alternatif energi untuk daerah pedesaan sangat dibutuhkan selain ramah lingkungan juga tidak menggunakan BBM (RUED, 2014).

Kincir air sudah sejak lama digunakan untuk tenaga industri. Pada mulanya yang dipertimbangkan adalah ukuran kincirnya, yang membatasi debit dan head yang dapat dimanfaatkan. Perkembangan kincir air menjadi turbin modern membutuhkan jangka waktu yang cukup lama. Perkembangan yang dilakukan dalam waktu revolusi industri menggunakan metode dan prinsip ilmiah. Mereka juga mengembangkan teknologi material dan metode produksi baru pada saat itu. Kincir air merupakan sarana untuk merubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros kincir. Ada

beberapa tipe kincir air yaitu : Kincir air *Overshot*, Kincir air *Undershot*, Kincir air *Breastshot*, Kincir air *Tub*.

Dari permasalahan di atas penulis mengangkat judul **“PENGARUH KEDALAM SUDU TERCELUP TERHADAP KINERJA RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TERAPUNG TIPE UNDERSHOT DENGAN 9 SUDU TETAP”**. Penulis mengangkat judul tersebut dikarenakan dianggap cocok diterapkan di daerah-daerah yang ada di Kalimantan tengah mengingat bahwa sungai juga digunakan sebagai sarana transportasi.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi kedalaman sudu terhadap perubahan kecepatan generator pada rancang bangun kincir air tipe undershot dengan 9 sudu tetap?
2. Bagaimana pengaruh variasi kedalaman sudu terhadap perubahan daya listrik pada rancang bangun kincir air tipe undershot dengan 9 sudu tetap
3. Bagaimana karakteristik generator?
4. Bagaimana efisiensi kinerja kincir air tipe undershot dengan 9 sudu tetap dalam menghasilkan energi listrik?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Generator digunakan sebagai alat penunjang.
2. Sungai yang digunakan merupakan anak sungai.
3. Model sudu kincir yang digunakan model 9 sudu tetap.
4. Lampu LED 9 Watt digunakan sebagai beban untuk mengetahui besar arus listrik
5. Tidak ada variasi untuk polley generator

D. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah: Merancang generator dan pembangkit yang dapat diterapkan di sungai-sungai Kalimantan Tengah yang memiliki karakteristik aliran arus air rendah mendatar dan dapat menyesuaikan dengan ketinggian permukaan sungai yang berpotensi menjadi pembangkit listrik tenaga picohidro.

1. Mengetahui pengaruh variasi kedalaman sudu terhadap kecepatan putar generator rancang bangun kincir air tipe undershot model 9 sudu tetap.
2. Mengetahui pengaruh variasi kedalaman sudu terhadap daya keluaran generator rancang bangun kincir air tipe undershot model 9 sudu tetap.
3. Mengetahui karakteristik generator dalam menghasilkan daya maksimum.
4. Mengetahui efisiensi kinerja kincir air tipe undershot model 9 sudu tetap dalam menghasilkan energi listrik.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah : Pembuatan pembangkit listrik tenaga air diharapkan dapat digunakan sebagai pensuplai tambahan energi listrik dengan memanfaatkan batang tempat MCK penduduk sekitar aliran sungai, yang kemudian diterapkan pada suatu daerah yang memiliki potensi aliran sungai yang memadai dan memberikan solusi terhadap masalah penyediaan energi yang murah dan ramah lingkungan. Serta untuk memberikan informasi sebagai referensi tambahan bagi kalangan dunia pendidikan yang ingin melakukan riset dalam bidang konfersi energi dalam modifikasi dan pengembangan kincir air.

F. Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional variabel adalah pengertian atau diskripsi dari segala faktor yang mempengaruhi atau dipengaruhi dan memiliki nilai menurut cara pengoperasian, praktik, riil dan fungsi dalam lingkup objek penelitian yang di teliti. Adapun variabel dalam penelian ini adalah :

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah segala faktor yang mempengaruhi dan memiliki nilai dan nilainya dapat dirubah rubah secara berkala sehingga mempengaruhi variabel terikat adapun variabel bebas dalam penelitian ini adalah.

a. Kedalaman Sudu

Dalam penelitian ini Kedalaman Sudu di gunakan sebagai variabel bebas dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi

kedalaman sudu terhadap kecepatan putar generator dan daya listrik yang dihasilkan generator.

b. Kecepatan Generator

Kecepatan generator digunakan sebagai variable bebas dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik generator dalam menghasilkan daya maksimum.

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah segala factor yang di pengaruhi oleh variabel bebas dan memiliki nilai, yang mana besar nilainya terikat terhadap variabel bebasnya, adapun variabel terikat dalam penelitian ini adalah kecepatan putar generator dalam RPM dan daya listrik yang di hasilkan generator oleh kinerja pembangkit listrik terapung

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel atau factor-faktor yang dikondisikan nilainya agar tidak terpengaruh maupun dipengaruhi variabel lain, adapun variabel kontrol dalam penelitian ini adalah generator, lokasi pengambilan data, sudu yang digunakan merupakan sudu tetap dengan jumlah sudu sebanyak 18 buah sudu, kedalaman sudu yang terendam air, tacho meter, anemo meter, dan digital multi meter.

G. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bab I pendahuluan berisi tentang latar belakang dilakukannya penelitian ini, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian manfaat penelitian, definisi operasional variabel dan sistematika penulisan.
2. Bab II kajian pustaka berisi tentang penelitian sebelumnya dan teori-teori pendukung sebagai dasar dan acuan dalam penelitian ini.
3. Bab III metode penelitian berisi tentang waktu, tempat, tahapan persiapan, tahap pembuatan, pengambilan data serta cara pengolahannya sampai dapat diambil kesimpulan.
4. Bab IV hasil penelitian, membahas tentang hasil penelitian berupa analisis data dan pembahasan yang menjawab dari rumusan masalah yang berisikan tentang data-data hasil pengujian alat.
5. Bab V penutup, memuat kesimpulan terhadap permasalahan yang dikemukakan pada penelitian, kemudian diakhiri dengan saran-saran yang sifatnya membangun dan memperbaiki isi skripsi. Setelah bab V disertai daftar pustaka sebagai rujukan penelitian ini.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Penelitian Relevan

Penelitian Edis Sudianto Sihombing yang berjudul Pengujian Sudu Lengkung Prototipe Turbin Air Terapung pada Aliran Sungai. Dalam penelitian ini disimpulkan bahwa hasil pengujian dan analisis perhitungan menunjukkan bahwa : semakin besar besar pembebanan yang diberikan pada prototipe turbin air terapung maka putaran pada turbin dan alternator akan semakin berkurang. Semakin besar putaran poros alternator prototipe air terapung, maka momen puntir yang terjadi pada poros alternator akan semakin berkurang. (Sudianto, 2009)

Penelitian M Zahri Kadir Bambang yang berjudul Pengaruh Tinggi Sudu Kincir Air Terhadap Daya dan Efisiensi yang Dihasilkan. Dalam penelitian ini disimpulkan bahwa hasil pengujian dan analisis perhitungan menunjukkan bahwa : Tinggi sudu kincir mempengaruhi daya dan efisiensi yang dihasilkan kincir air, daya maksimum kincir terletak pada harga tinggi sudu tertentu, sedangkan efisiensi kincir akan semakin tinggi jika tinggi sudu semakin kecil. Jumlah sudu pada roda kincir hanya mempengaruhi nilai nominal dari daya dan efisiensi maksimum yang dihasilkan kincir air. Titik optimal pengoperasian kincir air terletak pada ratio kecepatan keliling sudu dan kecepatan arus sungai, U/VS antara 4 sampai 5,5. (Kadir, 2010)

Penelitian Lukman Ramadhan, Agung Widodo, Endi Sutikno yang berjudul Pengaruh Variasi Tinggi Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Lengkung *Overshot*. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa variasi tinggi sudu kincir air mempunyai pengaruh terhadap gaya pengereman, torsi, daya poros dan efisiensi kincir air tipe sudu lengkung. Semakin tinggi sudu kincir air maka gaya pengereman, torsi, daya poros semakin meningkat dan namun efisiensinya semakin menurun. (Ramadhan, 2012).

Penelitian Slamet Wahyudi, Dhimas Nur Cahyadi, Purnami yang berjudul Pengaruh Variasi Tebal Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Datar. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa : Variasi tebal sudu kincir air mempunyai pengaruh terhadap daya poros dan efisiensi kincir air tipe sudu datar. Semakin tebal sudu kincir air maka daya poros semakin menurun dan efisiensipun semakin menurun. (Wahyudi dkk, 2012)

Penelitian Oggy Sukasah Henry, Arifin Daud dan Helmi Hakki dalam peneliian yang berjudul Analisis Perubahan Dimensi Kincir Air Terhadap Kecepatan Aliran Air (Studi Kasus Desa Pandan Enim) Semakin kecil diameter kincir air maka akan semakin besar pula debit air yang di dapatkan oleh karena itu diambil diameter kincir yang efisien adalah 2m. (Henry, 2013)

B. Definisi Air

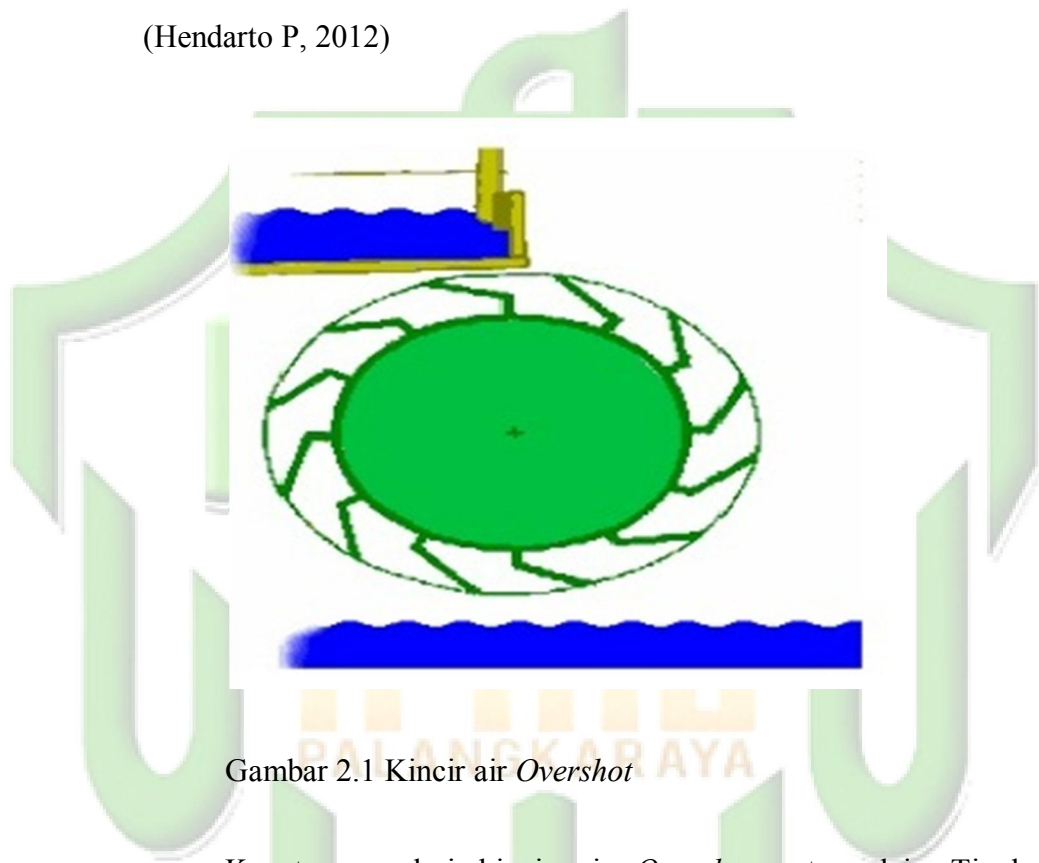
Air adalah suatu zat cair yang tidak mempunyai rasa, bau dan warna dan terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimia H_2O . Karena air mempunyai sifat yang hampir bisa digunakan untuk apa saja, maka air merupakan zat yang paling penting bagi semua bentuk kehidupan (tumbuhan, hewan, dan manusia) sampai saat ini selain matahari yang merupakan sumber energi. Air dapat berupa air tawar dan air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi.

C. Kincir Air

Kincir air sudah sejak lama digunakan untuk tenaga industri. Pada mulanya yang dipertimbangkan adalah ukuran kincirnya, yang membatasi debit dan head yang dapat dimanfaatkan. Perkembangan kincir air menjadi turbin modern membutuhkan jangka waktu yang cukup lama. Perkembangan yang dilakukan dalam waktu revolusi industri menggunakan metode dan prinsip ilmiah. Mereka juga mengembangkan teknologi material dan metode produksi baru pada saat itu. Kincir air merupakan sarana untuk merubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros kincir. Ada beberapa tipe kincir air yaitu :

1. Kincir air *Overshot*

Kincir air *Overshot* bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air *Overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain. (Hendarto P, 2012)



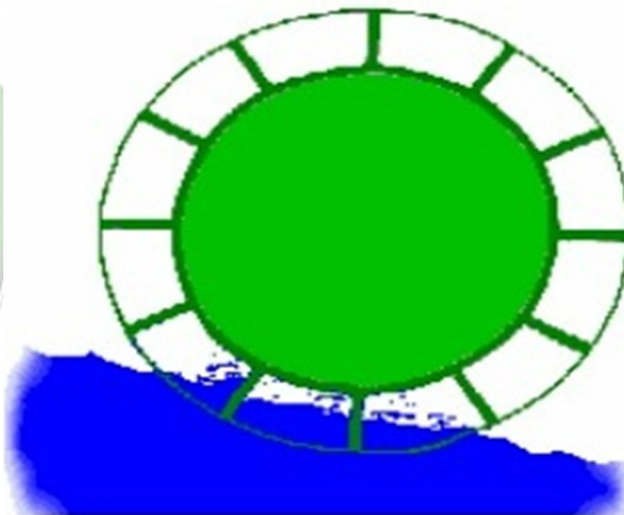
Keuntungan dari kincir air *Overshot* antara lain Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85 %, tidak membutuhkan aliran yang deras, konstruksi yang sederhana, mudah dalam perawatan, teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

Adapun kerugian dari kincir air *Overshot* antara lain, karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan

air memerlukan investasi lebih banyak, tidak dapat untuk mesin putaran tinggi, membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.

2. Kincir Air *Undershot*

Kincir air *Undershot* bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air tipe *Undershot* tidak mempunyai tambahan keuntungan dari head. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan “vitruvian”. Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir. (Hendarto P, 2012)



Gambar 2.2 Kincir Air *Undershot*

Keuntungan dari kincir air *Undershot* antara lain konstruksi lebih sederhana, lebih ekonomis, mudah untuk dipindahkan. Adapun kerugian dari kincir air *Undershot* antara lain efisiensi kecil (25%-70%), daya yang dihasilkan relative kecil.

3. Kincir air *breastshot*

Merupakan perpaduan antara tipe *Overshot* dan *Undershot* dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arak aliran air disekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe *undershot*. (Hendarto P, 2012)



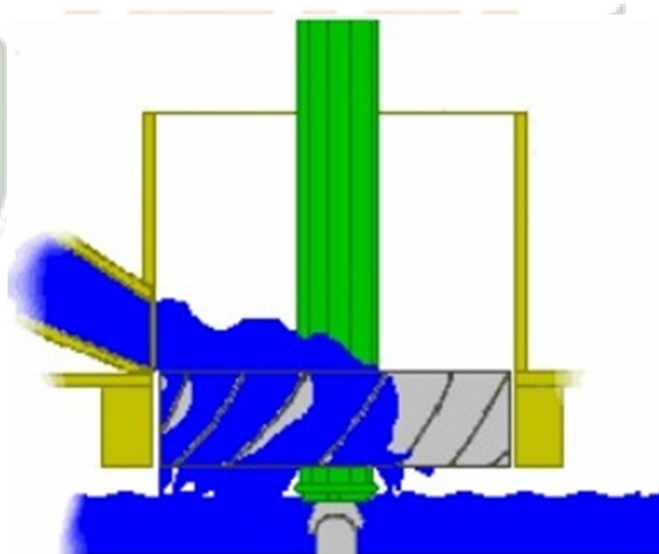
Gambar 2.3 Kincir air *breastshot*

Keuntungan dari kincir air *breastshot* antara lain: tipe ini lebih efisiensi dari tipe *undershot* , dibandingkan tipe *overshot* tinggi

jatuhnya lebih pendek, dapat diaplikasikan pada sumber air aliran rata. Adapun kerugian dari kincir air *breastshot* antara lain: sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe undershot (lebih rumit), diperlukan pada arus aliran rata, efisiensi lebih kecil daripada tipe overshoot (20%-75%)

4. Kincir air *Tub*

Kincir air *Tub* merupakan kincir air yang kincirnya diletakkan secara horizontal dan sudu-sudunya miring terhadap garis vertikal, dan tipe ini dapat dibuat lebih kecil dari pada tipe overshoot maupun tipe undershot. Karena arah gaya dari pacuan air menyamping maka, energi yang diterima oleh kincir yaitu energi potensial dan energi kinetik. (Hendarto P, 2012)



Gambar 2.4 Kincir air *Tub*

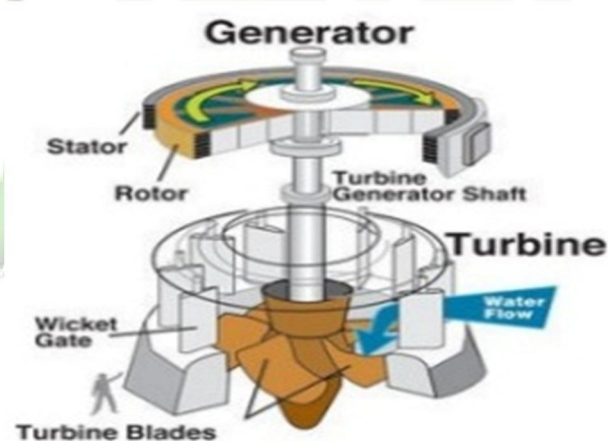
Keuntungan dari kincir air *breastshot* antara lain: tipe ini memiliki konstruksi yang lebih ringkas, kecepatan putarnya lebih cepat adapun kerugian dari kincir air *Tub* antara lain: tidak menghasilkan daya yang besar, karena komponennya lebih kecil jadi membutuhkan tingkat ketelitian yang lebih teliti.

Penggunaan Kincir Air Mesin penggiling gandum dengan penggerak kincir air sudah digunakan sejak abad pertama sebelum masehi, pada jaman kerajaan Romawi dan walaupun terkesan kuno tapi mesin penggiling ini masih tetap dipakai sampai sekarang. Mesin pemintal benang yang digerakan oleh kincir air ini pertama kali diperkenalkan oleh dua insinyur Inggris, adalah Richards Arkwright dan James Hargreaves yang pada tahun 1773. dan mulai dibuat di USA pada tahun 1780-an. Pada abad ke-19 penggunaan mesin ini sudah digunakan untuk pembuatan secara massal, jadi orang tidak lagi membuat pakaiannya sendiri. Mesin gergaji kayu Mesin gergaji kayu dengan penggerak kincir air banyak ditemukan di New England, USA pada tahun 1840-an Mesin tekstil dengan penggerak kincir air ini digunakan oleh industri tekstil pada abad ke-19. karena sumber energinya berupa air, maka pengeluaran untuk produksi dapat diminimalisir. Tetapi seiring dengan perkembangan teknologi, lambat laun mesin ini mulai ditinggalkan.

D. Turbin Air

Kemajuan ilmu Mekanika fluida dan Hidrolika serta memperhatikan sumber energi air yang cukup banyak tersedia di pedesaan akhirnya timbullah perencanaan-perencanaan turbin yang divariasikan terhadap tinggi jatuh (*head*) dan debit air yang tersedia. Dari itu maka masalah turbin air menjadi masalah yang menarik dan menjadi objek penelitian untuk mencari sistem, bentuk dan ukuran yang tepat dalam usaha mendapatkan efisiensi turbin yang maksimum. (Munandar, 1973: 1)

Turbin secara umum dapat diartikan sebagai mesin penggerak mula dimana energi fluida kerja yang digunakan langsung memutar roda turbin, fluida kerjanya dapat berupa air, uap air dan gas. Dengan demikian turbin air dapat diartikan sebagai suatu mesin penggerak mula yang fluida kerjanya adalah air. (Munandar, 1973 : 1)



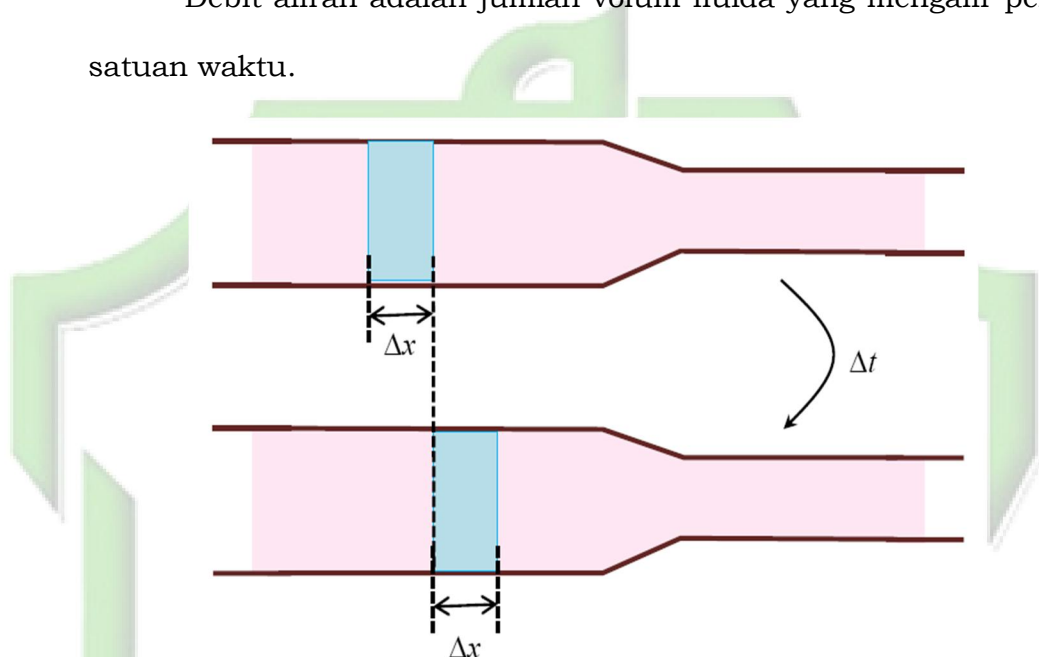
Gambar 2.5 Turbin air

Teori Pengoperasian Aliran air diarahkan langsung menuju sudu-sudu melalui pengarah, menghasilkan daya pada sirip. Selama sudu berputar, gaya bekerja melalui suatu jarak, sehingga menghasilkan kerja.

Dalam proses ini, energi ditransfer dari aliran air ke turbin. Turbin air dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu turbin reaksi dan turbin impuls. Kepresisian bentuk turbin air, apapun desainnya, semua digerakkan oleh suplai tekanan air.

E. Debit Aliran Fluida

Debit aliran adalah jumlah volum fluida yang mengalir per satuan waktu.



Gambar. 2.1 Elemen fluida berupa silinder dengan ketebalan Δx berpindah sejauh Δx selama selang waktu Δt .

Volume fluida dalam elemen tersebut adalah $\Delta V = A\Delta x$.

Elemen tersebut tepat bergeser sejauh Δx selama selang waktu Δt

Jika laju aliran fluida adalah \vec{v} maka $\Delta x = \vec{v}\Delta t$, sehingga elemen volum fluida yang mengalir adalah

$$\Delta V = \vec{v}A\Delta t \quad (2.1)$$

Debit aliran fluida didefinisikan sebagai

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$Q = \frac{\vec{v}A\Delta t}{\Delta t}$$

$$Q = \vec{v}A \quad (2.2)$$

Dimana : A = luas penampang sudu (m^2). (Abdullah, 2016:772-773)

Untuk kincir air yang hanya memanfaatkan aliran air datar atau kecepatan arus sungai, energi air yang tersedia merupakan energi kinetik :

$$Ek = \frac{1}{2}m\vec{v}^2 \quad (2.3)$$

Dimana: \vec{v}^2 = kecepatan aliran arus sungai(m/s)

Sehingga Daya air yang tersedia

$$P = \frac{1}{2}\rho Q\vec{v}^2 \quad (2.4)$$

Karena $Q = \vec{v}A$ maka daya air

$$P = \frac{1}{2}\rho A\vec{v}^3 \quad (2.5).$$

(Kadir, 2010)

Daya yang dihasilkan kincir air

$$\Delta EM = EM_2 - EM_1$$

$$EM = (Ek_2 + Ep_2) - (Ek_1 + Ep_1)\Delta \quad (2.6).$$

(Abdullah, 2016:778)

Pada aliran sungai yang datar energi yang berlaku merupakan energi kinetik maka daya yang dihasilkan kincir merupakan daya mekanik kincir

$$p_{kincir} = \frac{1}{2} \rho (Av_2^3 - Av_1^3) \Rightarrow p_{kincir} = \frac{1}{2} \rho A (v_2^3 - v_1^3) \quad (2.7)$$

Dan torsi yang dihasilkan kincir

$$T = F.R \text{ (Nm)} \quad (2.8)$$

Dimana: F = Gaya tangensial (N)

R = Radius kincir (m)

Kecepatan sudut kincir

$$\omega = 2 \pi n/60 \text{ (rad/s)} \quad (2.9)$$

Dimana: n = putaran poros atau roda kincir (rpm). (Kadir,2010)

F. Benda Tegar

Benda tegar merupakan suatu system benda yang terdiri dari banyak partikel di mana jarak antar partikel-partikel penyusunnya tidak pernah berubah meskipun kepada benda itu dikenakan gaya, torka (momen gaya) ataupun mengalami gerakan. Jadi selama gerakannya, bentuk benda tegar tersebut tidak pernah berubah.

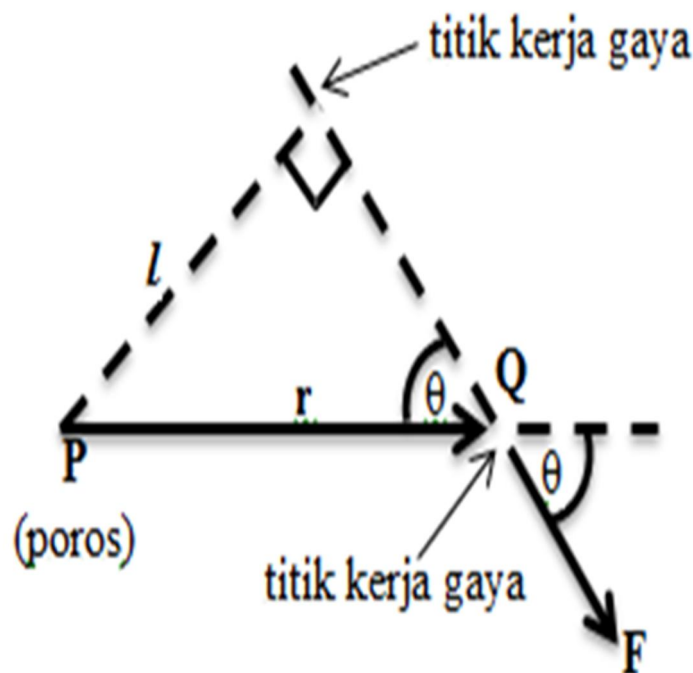
Gerak pada sebuah benda tegar pada prinsipnya dibedakan menjadi 2 (dua) macam, yaitu translasi (pergeseran) dan rotasi (perputaran). Suatu benda dikatakan mengalami gerak translasi bila tempat kedudukan semua partikel membentuk lintasan lurus yang sejajar, sehingga garis hubung dua partikel sembarang pada benda itu tetap sejajar terhadap posisi sebelumnya. Sedangkan suatu benda dikatakan mengalami gerak rotasi bila semua partikel mengelilingi sebuah sumbu dan tempat kedudukan

masing-masing partikel membentuk lintasan lingkaran yang pusatnya terletak pada sumbu tadi. (Sumardi, 2007: 71)

Dalam kehidupan sehari-hari, gerakan suatu benda tegar pada umumnya merupakan kombinasi dari gerak translasi dan gerak rotasi. Misalnya gerakan roda pada sebuah kendaraan. Poros roda mengalami gerak rotasi sekaligus gerak translasi. Terhadap poros roda, partikel-partikel tersebut berotasi. (Sumardi, 2007: 71)

1. Momen Gaya (Torsi)

Sebuah benda pada gerak rotasi hanya dapat berubah gerakannya dari diam menjadi berputar jika pada benda itu diterapkan sebuah gaya. Perubahan gerak pada gerak rotasi berupa perubahan kecepatan sudut. Perubahan gerak rotasi terjadi karena adanya “ gaya pemutar” yang dikenal dengan nama *momen gaya*.



Gambar 2.6 Sketsa Momen Gaya yang Bekerja pada Benda

Gambar 2.6 menunjukkan Misalkan F bekerja pada benda dengan poros di P . Q adalah titik kerja gaya F yaitu titik tempat gaya F bekerja, r adalah vektor posisi Q terhadap poros P dan sudut antara r dan F adalah θ (r dan F adalah vektor). Momen gaya F (τ) didefinisikan sebagai perkalian silang (*cross product*) antara vektor posisi r dan vektor gaya F , yaitu

$$\tau = r.F \quad (2.10)$$

Dengan demikian besar momen gaya adalah

$$\tau = r F \sin \theta \quad (2.11)$$

Pada gambar tampak bahwa

$$r \sin \theta = l \quad (2.12)$$

Dengan l adalah lengan momen, yaitu panjang garis yang ditarik dari titik poros sampai memotong tegak lurus garis kerja gaya. Garis kerja gaya adalah garis yang dibuat melalui vektor gaya yang bekerja. Dengan demikian besar momen gaya (τ) merupakan hasil kali lengan momen dan besar gaya.

$$\tau = l.F \quad (2.13)$$

dengan: τ = momen gaya (Nm)

l = lengan momen (m)

F = gaya (N)

Momen gaya positif jika arah putarannya searah dengan arah perputaran jarum jam dan momen gaya negatif jika arah putarannya berlawanan dengan arah perputaran jarum jam. (Zaelani, 2006: 145) Momen gaya total yang berkerja pada suatu benda tegar, menentukan percepatan sudutnya dapat dihubungkan dengan persamaan:

$$\tau = I \alpha \quad (2.14)$$

dengan $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$

Momen gaya pada masing-masing partikel disebabkan oleh gaya total yang berkerja pada partikel tersebut. Selain persamaan di atas torsi juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\tau = v^2 R^2 / \lambda \quad (2.15)$$

Pada kincir, besar momen gaya bergantung pada kecepatan air dan sudu kincir. Momen gaya dengan kecepatan sudut memiliki hubungan dengan daya kincir yang dirumuskan sebagai berikut: (Dewi, 2010 : 21)

$$P_{kincir} = \tau \omega \quad (2.16)$$

2. Momen Inersia (Kelembaman)

Benda yang dalam keadaan diam cenderung mempertahankan keadaan diamnya. Benda dalam keadaan bergerak lurus (beraturan) cenderung mempertahankan gerakannya. Sifat yang cenderung mempertahankan keadaan gerak tersebut disebabkan karena benda memiliki massa dan sifat itu dikenal dengan istilah kelembaman (inersia). Suatu benda yang berotasi juga memiliki kecenderungan untuk mempertahankan keadaan rotasinya. Seberapa besar benda itu dapat mempertahankan rotasinya tergantung dari massa dan letak sumbu rotasi. Selanjutnya sifat yang cenderung mempertahankan keadaan gerak rotasi itu dikenal sebagai momen inersia. (Dewi, 2010 : 31)

Pada gerak rotasi besaran yang analog dengan massa adalah momen inersia. Dengan demikian, momen inersia merupakan ukuran kelembaman benda yang berotasi/berputar terhadap sumbu putarnya. Momen inersia (I) dari sebuah partikel bermassa m didefinisikan

sebagai hasil kali massa partikel (m) dengan kuadrat jarak benda dari titik poros atau sumbu putar (r^2). (Dewi, 2010 : 146)

Secara matematis, momen inersia partikel dirumuskan sebagai berikut :

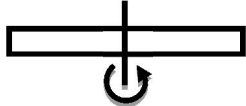
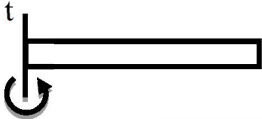
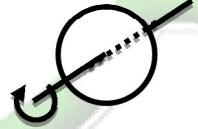
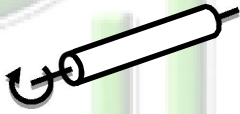

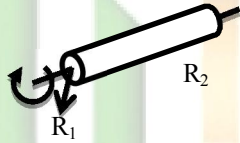
$$I = mr^2 \quad (2.17)$$

dengan : I = momen inersia (Nm^2)
 m = massa partikel (kg)
 r = jarak partikel dari sumbu rotasi (m)

Dari persamaan (2.15) dapat dikatakan bahwa momen inersia sebuah partikel sebanding dengan massa partikel itu, dan sebanding dengan kuadrat jarak partikel ke sumbu putarnya. Sebuah benda tegar disusun oleh banyak partikel-partikel terpisah. Karena itu momen inersia sebuah benda terhadap suatu sumbu putar dapat dipandang sebagai jumlah aljabar momen-momen inersia partikel-partikel penyusunnya. Jika massa partikel-partikel penyusun itu adalah $m_1, m_2, m_3 \dots$ dan jarak masing-masing partikel terhadap sumbu putarnya adalah $r_1, r_2, r_3 \dots$ momen inersia benda terhadap sumbu tersebut adalah

$$I = \sum m_i r_i^2 = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots \quad (2.18)$$

Tabel 2.1 Momen Inersia Beberapa Benda. (Zaelani, 2006 : 147)

Bentuk benda	Momen inersia	Nama benda
	$I = \frac{1}{12} m l^2$	Batang homogeny sumbu putar pada tengah-tengah batang
	$I = \frac{1}{3} m l^2$	Batang homogeny sumbu putar pada ujung batang.
	$I = mR^2$	Roda sumbu putar melalui titik pusat roda tegak lurus bidang roda.
	$I = \frac{1}{2} mR^2$	Silinder pejal (padat) sumbu melalui titik pusat.
	$I = mR^2$	Silinder berongga sumbu melalui pusat.
	$I = \frac{1}{2} m(R_1^2 + R_2^2)$	Silinder tebal dengan: R_1 = jari-jari dalam R_2 = Jari-jari luar

3. Energi Kinetik Rotasi

$EK = \frac{1}{2} mv^2$ merupakan energi kinetik benda yang mengalami gerak translasi. Benda yang berotasi pada sebuah sumbu dikatakan mengalami energi kinetik rotasi. Dengan analogi terhadap energi kinetik translasi, kita mengharapkan besaran ini dinyatakan dengan $\frac{1}{2} I\omega^2$ dimana I adalah momen inersia benda dan ω adalah kecepatan sudutnya. (Giancoli, 2001 : 265) Untuk kasus benda tegar yang

berotasi terhadap sebuah sumbu dengan kecepatan sudut ω , kecepatan setiap partikel adalah

$$v_i = \omega \times r_i \quad (2.19)$$

Dan besar kelajuannya adalah,

$$v_i = \omega \cdot R_i \quad (2.20)$$

Dimana R_i adalah jarak dari partikel ke sumbu rotasi (kita ingat bahwa benda tegar merupakan system dengan banyak partikel yang jarak antar partikel penyusunnya konstan) sehingga energi kinetik partikel menjadi,

$$E_k = \sum \frac{1}{2} m_i (\omega \times r) \cdot (\omega \times r) \quad (2.21)$$

Atau besarnya dapat ditulis sebagai,

$$E_k = \sum \frac{1}{2} m_i |\omega \times r|^2 \quad (2.22)$$

Jika $v_i = \omega R_i$

$$E_k = \sum \frac{1}{2} m_i (\omega R_i)^2 \quad (2.23)$$

$$E_k = \frac{1}{2} (\sum m_i R_i^2) \omega^2 \quad (2.24)$$

Dengan mengingat momen inersia pada persamaan (2.16) diperoleh,

$$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (2.25)$$

Energi kinetik total dari benda secara keseluruhan akan sama dengan jumlah energi kinetik semua partikelnya. (Sumardi, 2007 : 83)

G. Brake Horse Power (BHP)

Brake Horse Power adalah daya dari kincir yang diukur setelah mengalami pembebanan yang disebabkan oleh generator, gearbox dan perangkat tambahan lainnya. *Brake* yang dimaksud adalah suatu peralatan

yang digunakan untuk memberikan beban pada kincir. Dalam percobaan BHP diukur dengan menggunakan Generator. Dengan mengukur besarnya tegangan yang dihasilkan, dapat diketahui besarnya daya generator, seperti persamaan berikut:

$$P_{\text{generator}} = V \times I \quad (2.26)$$

Dari persamaan di atas dimana daya generator dilambangkan $P_{\text{generator}}$ dengan satuan watt, V merupakan tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator dengan satuan volt dan I merupakan besarnya arus listrik dengan satuan amper. (Setiawan, 2013: 2)

H. Efisiensi (η)

Untuk menyatakan performa suatu mesin biasanya dinyatakan dalam efisiensi yang merupakan perbandingan antara efek manfaat yang digunakan dengan pengorbanan yang dilakukan mesin. Persamaan efisiensi adalah sebagai berikut :

$$\eta = P_{\text{output}} : P_{\text{input}} \times 100 \% \quad (2.27)$$

dimana η merupakan efisiensi yang dinyatakan dengan persen (%),

I. Alat Penunjang (Generator)

Generator adalah alat elektronik mekanik yang mengubah besaran energy mekanik menjadi energy listrik arus bolak-balik. Tiap-tiap mesin berputar yang bertujuan mengubah daya mekanik menjadi daya listrik dinamakan “ Generator”. Azas generator berdasarkan pada kerja induksi, yang ditemukan oleh Faraday, ia membuktikan bahwa pada sebuah belitan

dibangkitkan GGL, bilamana jumlah garis gaya yang dikurung oleh belitan itu berubah. (Soepatah dkk, 1978 : 1)

Percobaan-percobaan yang dilakukan oleh Faraday, Henry, dan yang lain telah menunjukkan bahwa jika fluks magnetic yang melalui suatu rangkaian diubah dengan cara apapun, suatu GGL yang sama besarnya dengan laju perubahan fluks yang diinduksikan dalam rangkaiannya. GGL biasanya dideteksi dengan mengamati arus dalam rangkaiannya, tetapi GGL itu tetap ada sekalipun jika rangkaiannya tersambung (tidak tertutup) sehingga tidak ada arus. Dalam pembahasan lain GGL dalam suatu rangkaian telah dilokalisasi dalam daerah khusus pada rangkaiannya, seperti antara terminal baterai. Akan tetapi, GGL yang diinduksi oleh fluks magnetic yang berubah dapat dianggap terdistribusi di seluruh rangkaiannya. (Tipler, 2001 : 282)

Secara sederhana generator dalam menghasilkan listrik yaitu saat medan magnet disekitar gulungan konduktor berubah, maka akan timbul beda potensial atau tegangan pada gulungan konduktor tersebut. Medan magnet terpotong secara tepat oleh konduktor, keadaan inilah yang menimbulkan arus listrik dan medan magnet yang berputar menginduksi tegangan AC pada lilitan konduktor. Bagian yang berputar pada generator disebut rotor dan dapat berupa magnet permanen maupun gulungan konduktor. Sedangkan bagian yang diam disebut stator baik magnet maupun gulungan konduktor.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi persiapan dan perancangan kincir air sudu Tetap. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur banyaknya putaran kincir per menit dan seberapa besar daya listrik yang dihasilkan dengan variasi kedalaman sudu.

B. Tempat dan Waktu

1. Tempat perancangan dan penelitian

a. Tahap pertama

Tahap pembuatan, perancangan dan perakitan apung dengan kerangka kincir dilakukan di laboratorium Fisika Lanjut Prodi Tadris Fisika Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Palangka Raya.

b. Tahap ke dua

Pada tahap kedua pembuatan poros, perakitan jari-jari dan sudu kincir dilakukan di Balai Latihan Kerja (BLK) Palangka Raya.

c. Tahap ke tiga

Pada tahap ke tiga pengujian kapasitas apung dilakukan di wilayah kampus IAIN Palangka Raya.

d. Tahap ke empat

Tahap ke empat ini adalah tahap pengujian alat yang ini dilaksanakan di Pengaringan Jalan Mahir Mahar KM 3 Palangka Raya.

e. Waktu

Penelitian dilaksanakan di Pengaringan Jalan Mahir Mahar KM 3 Palangka Raya. Pada bulan april tanggal 9 sampai dengan 11 April 2017

C. Alat dan Bahan

Dalam pembuatan kincir air dan pengujiannya ada beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang kegiatan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan kincir air dan generator pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat yang digunakan

No.	Nama Alat	Jumlah
1.	Bor listrik	1 buah
2.	Gerinda listrik	1 buah
3.	Gunting plat	1 buah
4.	Palu	1 buah
5.	Tang	1 buah
6.	Obeng	1 buah
7.	Rol meter	1 gulung
8.	Mistar baja	1 buah
9.	Tool set	1 set
10.	Perangkat bubut	1 unit

2. Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan kincir adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Bahan Kincir Air dan Generator

No.	Nama Bahan	Jumlah
1.	Plat rangka baja	2 lembar
2.	Besi siku lubang	12 batang
3.	Besi bulat lubang	2 batang
4.	Besi kotak 4x8 cm	4 batang
5.	Besi kotak 2x2 cm	10 batang
6.	Besi bulat as 1 meter	2 batang
7.	<i>Bearing</i>	9 buah
8.	Baut dan mur	secukupnya
9.	Pipa PVC 6"	6 batang
10.	Sambungan pipa L 6"	6 buah
11.	Tutup pipa 6"	12 buah

12.	Polley	4 buah
13.	Kawat tembaga 1.2 mm	1 Kg

3. Alat Pengambil Data

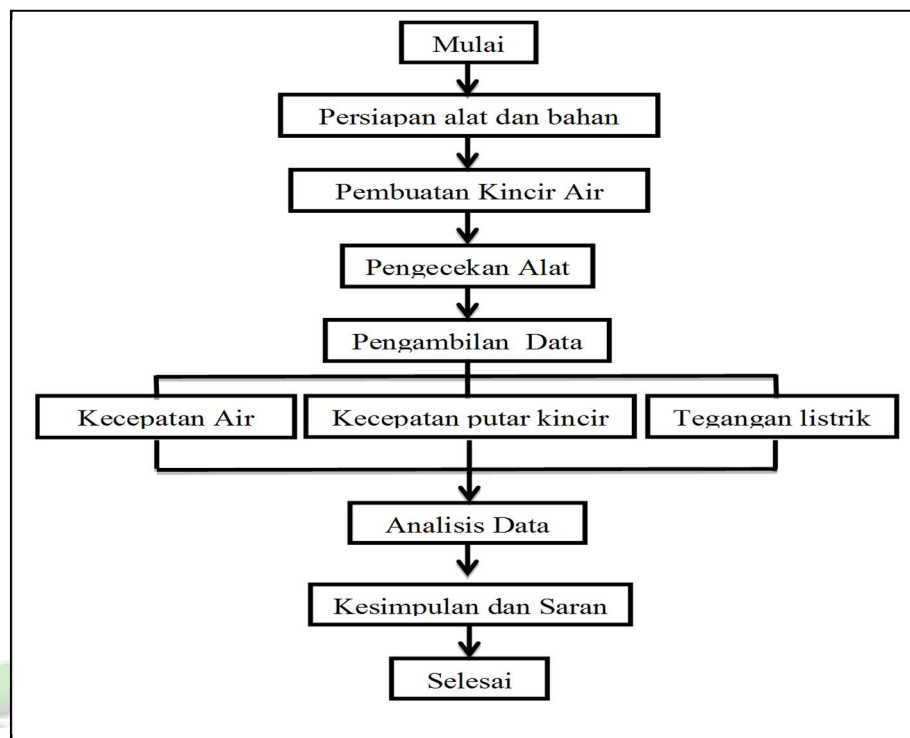
Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data pada penelitian ini, antara lain:

Tabel 3.3 Alat yang digunakan dalam Pengambilan Data

No	Nama alat	Jumlah
1.	Anemometer	2 buah
2.	Multimeter	2 buah
3.	Tachometer	1 buah
4.	Lampu LED 220Volt/9Watt	1 buah

D. Prosedur Penelitian

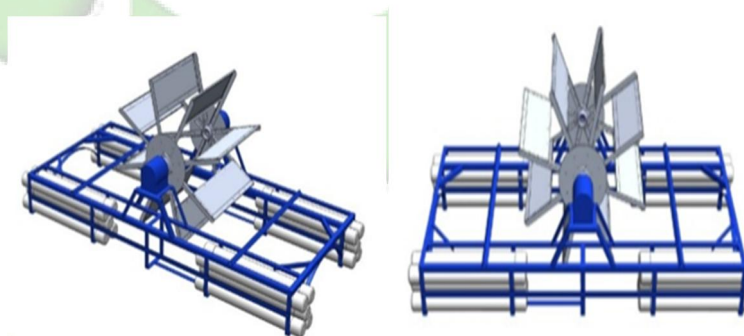
Prosedur penelitian memiliki beberapa tahapan. Tahap-tahap penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1:



Gambar 3.1 Bagan Prosedur Penelitian.

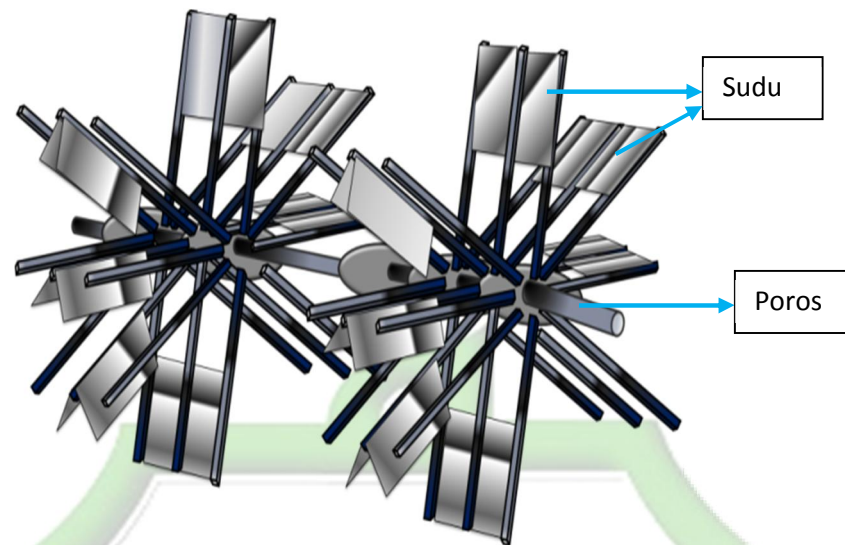
1. Perancangan Kincir Air

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah melakukan perancangan kincir air model sudu sudu Tetap.

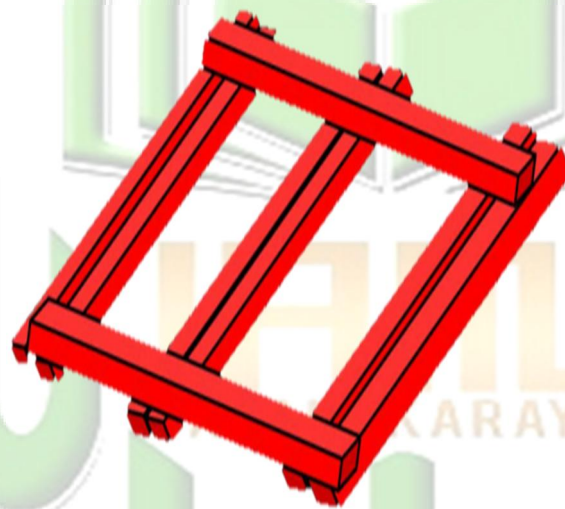


Gambar 3.2 Rancangan Pembangkit Terapung Tipe Undershot dengan 9 Sudu Tetap

2. Pembuatan dan perakitan alat



Gambar 3.3 Rancangan Kincir Air Dengan 9 Sudu Tetap



Gambar 3.4 Rancangan Kerangka Landasan Kincir Air

Setelah proses perancangan kincir selesai kegiatan selanjutnya menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan alat. Pembuatan alat meliputi penbuatan komponen-komponen kincir air .Diantaranya kerangka, bilah sudu, dudukan sudu, as kincir, roda penghubung Kemudian, dilakukan perakitan dari komponen tersebut

menggunakan alat yang sudah disiapkan seperti obeng, tang dan kunci sock. Sampai sesuai dengan rancangan kincir air.

3. Pengecekan alat

Pengecekan alat dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa semua bagian kincir dan alat ukur dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya.

4. Pengambilan data

Dalam pengambilan data terdiri dari pengukuran kecepatan aliran air, kecepatan putar dan besarnya tegangan listrik

- a. Kecepatan air diukur menggunakan anemometer. Pengukuran kecepatan air dilakukan pada jarak yang sama antara anemometer dan peletakan kincir air dengan aliran air. Hal ini dilakukan agar kecepatan aliran air yang mengenai anemometer sama dengan kecepatan aliran air yang mengenai kincir air.
- b. Kemudian, mengukur putaran kincir menggunakan gerbang cahaya yang dihubungkan dengan timer counter. Salah satu bilah sudu diberi penghalang kecil agar pada saat kincir berputar penghalang tersebut dapat melewati gerbang cahaya yang fungsinya sebagai awalan sekaligus akhiran kemudian pada timer counter akan dicatat sebagai waktu tempuh penghalang yaitu satu kali putaran kincir.
- c. Tegangan listrik dan Arus listrik diukur menggunakan Multimeter. Pada penelitian ini generator berfungsi sebagai

pemberi beban pada kincir air, yang tujuannya untuk mendapat gambaran fungsi dan seberapa besar kinerja kincir air dalam menghasilkan daya listrik.

- d. Pada penelitian ini ditetapkan suatu variabel sebagai parameter yang akan mempengaruhi hasil penelitian. Pada Penelitian ini ditetapkan 2 variabel yaitu sebagai berikut:

1) Variabel Bebas

Sesuai dengan tujuan penelitian yang akan dicapai, maka variabel bebas yang akan diambil datanya dalam penelitian ini adalah perubahan kecepatan putaran kincir air dan generator yang akan diukur dengan Tacho Meter.

2) Variabel Terikat

Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah model sudu dengan mengubah posisi Kedalaman sudu.

5. Grafik

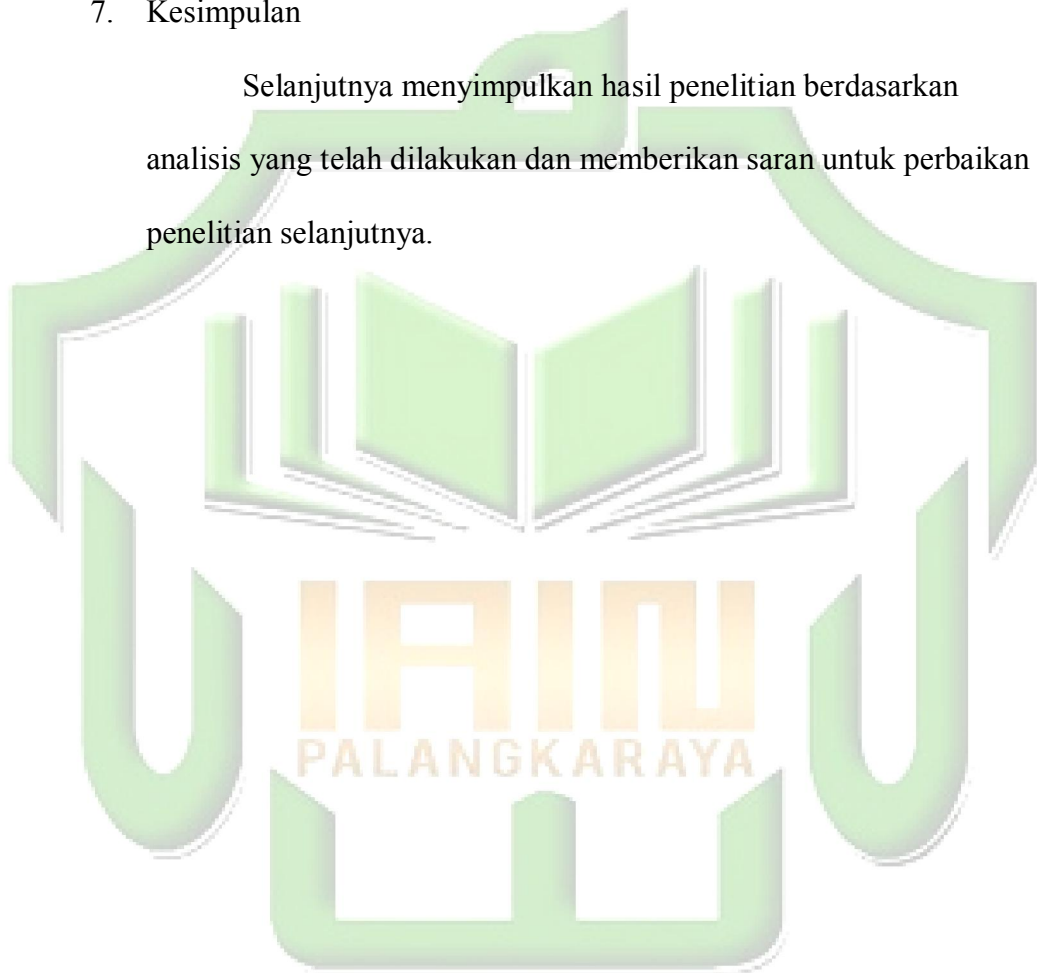
Setelah dilakukan pengujian alat dan pengambilan data, maka didapatkan data hasil pengukuran yaitu, kecepatan aliran air, kecepatan putar kincir dan daya listrik yang dihasilkan generator. Semua variabel-variabel tersebut diukur dengan tahapan dan perlakuan yang sama pada masing-masing variasi ketinggian sudu. Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk melihat hubungan antara variabel-variabel yang diukur.

6. Analisa

Dari pengambilan diperoleh hubungan antara perubahan ketinggian sudu dengan putaran kincir dan hubungan antara model sudu dengan daya listrik pada generator. Dari data yang diperoleh selanjutnya data dianalisis dengan acuan teori yang ada.

7. Kesimpulan

Selanjutnya menyimpulkan hasil penelitian berdasarkan analisis yang telah dilakukan dan memberikan saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya.



BAB IV

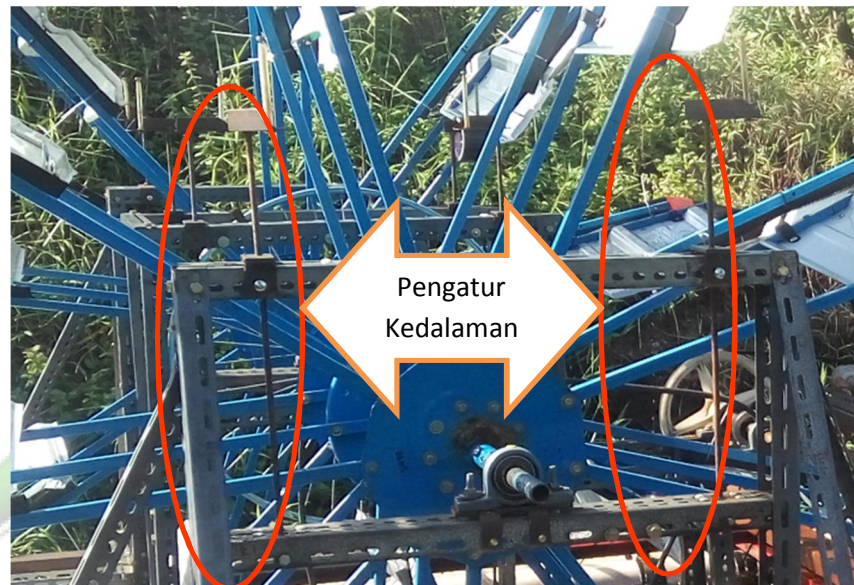
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Kincir Air

Pengujian Kincir Air ini terdiri dari pengukuran kecepatan Air, pengukuran kecepatan putar Kincir, Pengukuran kecepatan putar generator dan tegangan listrik dan arus listrik pada masing-masing variasi Kedalaman sudu yang terendam. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil nilai kecepatan Air yang paling sering muncul dalam waktu 60 detik untuk selang waktu 5 menit tiap pengambilan data. Kecepatan Air diukur menggunakan dua anemometer yang telah dimodifikasi. Pengambilan data kecepatan air awal dilakukan sebelum pembangkit listrik terapung diturunkan, hal ini bertujuan untuk mendapatkan kecepatan air yang stabil yang nantinya menjadi posisi dimana pembangkit akan ditempatkan, berdasarkan beberapa kali pengambilan data kecepatan Air, maka ditetapkan posisi pembangkit terapung berada di jarak yang memiliki kecepatan air yang stabil dan tidak berubah-ubah, yaitu jarak 7 meter sampai dengan 15 meter terhadap jembatan.

Variasi Kedalaman sudu yang terendam pada Kincir Air yang bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh pengaruhnya terhadap kecepatan putar Kincir dan perubahan daya listrik yang dihasilkan oleh generator dengan kecepatan Air yang sama pada masing-masing variasi Kedalaman sudu yang terendam. Kerangka dan pengatur Kedalaman sudu

yang terendam menggunakan baut panjang telah dimodifikasi seperti gambar berikut ini.



Gambar 4.1 Kerangka dan Pengatur KedalamanSudu

Selanjutnya adalah pengukuran putaran Kincir dan Generator (rpm). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan Tachometer Digital. Poros dari kincir air dan generator dipasang lakban hitam yang kemudian diberi kertas silver secara melintang sebagai bahan yang nantinya digunakan untuk tempat menembakan laser pada saat melakukan pengukuran kecepatan putar kincir menggunakan Tachometer Digital. Sinar laser akan terpantul oleh kertas silver yang kemudian akan diterjemahkan oleh Tachometer Digital sebagai jumlah putaran yang dilakukan kincir dan generator dalam satu menitnya.



Gambar 4.2 Pemasangan Kertas Silver Dan Tachometer Digital

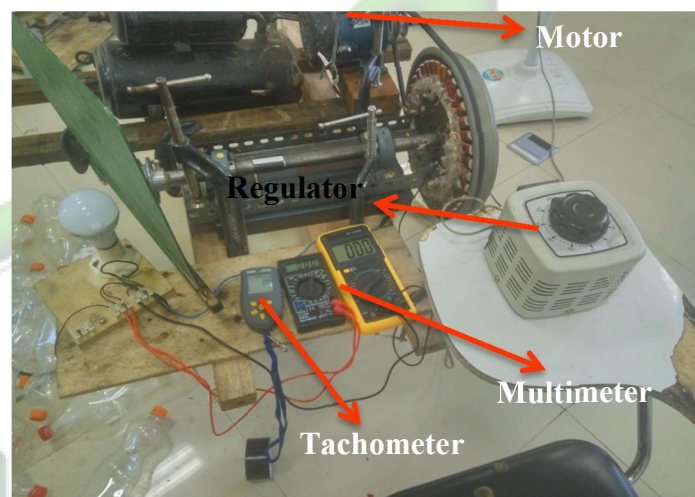
Yang terakhir adalah pengukuran tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator. Pengukuran dilakukan menggunakan satu multimeter digital sedangkan beban generator menggunakan lampu LED 9 watt. Pada pengukuran tegangan listrik ini nilai tegangan yang terbaca oleh multimeter tidaklah konstan, jadi nilai yang diambil adalah nilai yang sering muncul tiap 30 detiknya.



Gambar 4.3 Generator, Pemasangan Multimeter dan Lampu.

B. Pengujian Karakteristik Generator

Pengujian Karakteristik Generator ini terdiri dari Pengukuran kecepatan putar generator, tegangan listrik dan arus listrik pada masing-masing variasi kecepatan Putar Generator, Pengambilan data dilakukan dengan mengambil nilai kecepatan putar generator yang terukur pada Tachometer Digital.



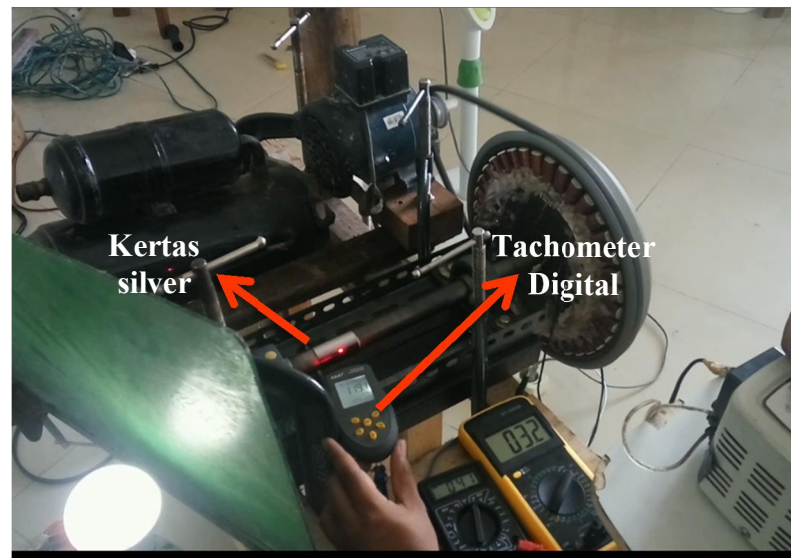
Gambar 4.4Rangkain Pengujian Karakteristik Generator.

Variasi kecepatan generator yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana karakteristik generator dalam menghasilkan daya listrik ,Kerangka dan pengatur kecepatan generator menggunakan motor dari mesin pompa air yang mana kecepatannya diatur menggunakan regulator tegangan seperti gambar berikut ini.



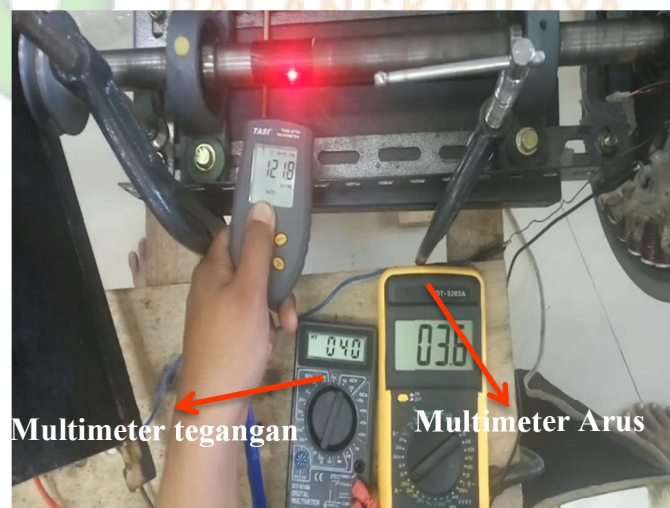
Gambar 4.5 Kerangka dan Pengatur KedalamanSudu

Selanjutnya adalah pengukuran putaran Generator (rpm). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan Tachometer Digital. Poros dari generator dipasang lakban hitam yang kemudian diberi kertas silver secara melintang sebagai bahan yang nantinya digunakan untuk tempat menembakan laser pada saat melakukan pengukuran kecepatan putar kincir menggunakan Tachometer Digital. Sinar laser akan terpantul oleh kertas silver yang kemudian akan diterjemahkan oleh Tachometer Digital sebagai jumlah putaran yang dilakukan generator dalam satu menitnya.



Gambar 4.6 Pemasangan Kertas Silver Dan Tachometer Digital

Yang terakhir adalah pengukuran daya listrik yang dihasilkan oleh generator. Pengukuran dilakukan menggunakan dua multimeter digital untuk tegangan dan arus listrik sedangkan beban generator menggunakan lampu LED 9 watt. Pada pengukuran daya listrik ini nilai tegangan yang terbaca oleh multimeter terbaca konstan setiap kecepatan putarnya.



Gambar 4.7 Pemasangan Multimeter.

C. Hasil Penelitian

1. Hasil pengujian lapangan debit putar generator terhadap debit Air.

a. Kedalaman Sudu Tercelup 15 cm.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kecepatan Putar Generator pada kedalaman sudu 15 cm menggunakan lampu LED 9 Watt

No	Kecepatan Air Masuk (m/s)	Kecepatan Air Keluar (m/s)	Kecepatan Air Kena Sudu (m/s)	Debit Air (m^3/s)	Kecepatan Generator (RPM)	Daya Generator (Watt)
1	1,500	1,194	1,347	0,404	122	0,143
2	1,444	1,222	1,333	0,400	130	0,185
3	1,806	1,306	1,556	0,467	130	0,185
4	1,444	1,139	1,292	0,388	128	0,215
5	1,528	1,222	1,375	0,413	128	0,215

b. Kedalaman Sudu Tercelup 30 cm.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Kecepatan Putar generator pada kedalaman sudu 15 cm menggunakan lampu LED 9 Watt

No	Kecepatan Air Masuk (m/s)	Kecepatan Air Keluar (m/s)	Kecepatan Air Kena Sudu (m/s)	Debit Air (m^3/s)	Kecepatan Generator (RPM)	Daya Generator (Watt)
1	1,500	1,222	1,361	0,817	130	0,185
2	1,556	1,250	1,403	0,842	130	0,185
3	1,389	1,167	1,278	0,767	128	0,215
4	1,611	1,278	1,444	0,867	136	0,246
5	1,528	1,278	1,403	0,842	138	0,313

c. Kedalaman Sudu Tercelup 44 cm.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kecepatan Putar Generator pada kedalaman sudu 44 cm menggunakan lampu LED 9 Watt

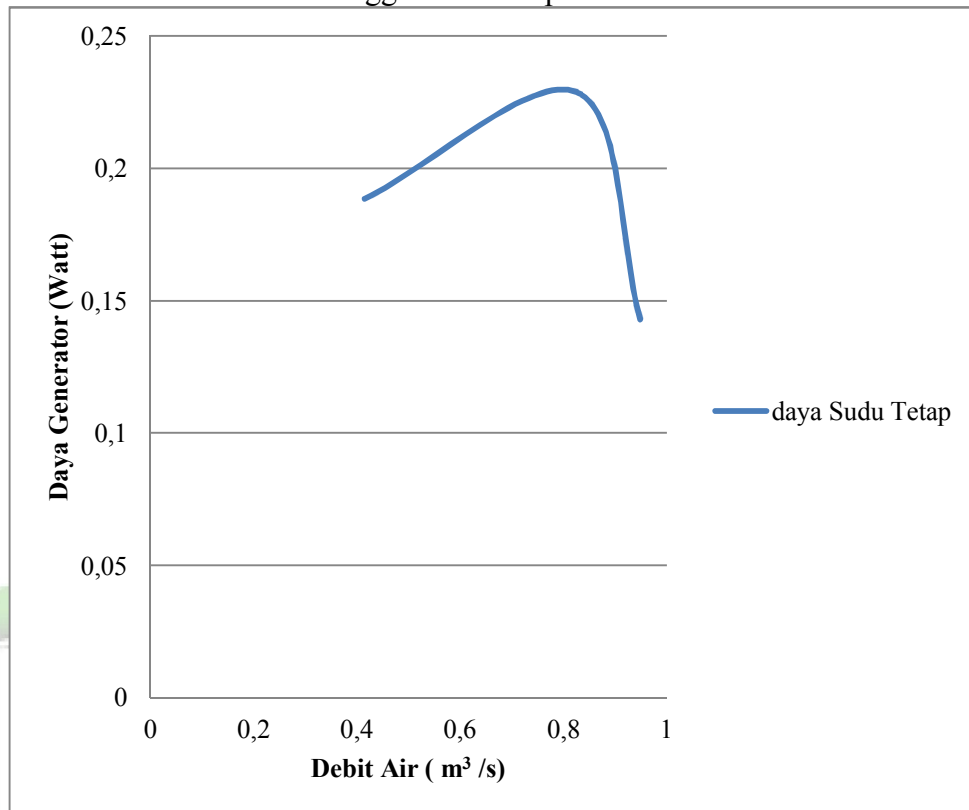
No	Kecepatan Air Masuk (m/s)	Kecepatan Air Keluar (m/s)	Kecepatan Air Kena Sudu (m/s)	Debit Air (m^3/s)	Kecepatan Generator (RPM)	Daya Generator (Watt)
1	0,778	1,250	1,014	0,892	120	0,128
2	0,861	1,222	1,042	0,917	119	0,131
3	0,833	1,278	1,056	0,929	118	0,140
4	0,944	1,250	1,097	0,966	123	0,156
5	1,056	1,306	1,181	1,039	125	0,160

2. Hasil Perhitungan Daya Keluaran Pembangkit Terhadap Sudu Yang Terendam

Tabel 4.4 Daya Keluaran Pembangkit Terhadap Kedalaman Sudu yang Terendam Menggunakan Lampu LED 9 Watt

No	Kedalaman sudu yang terendam (m)	Debit Air Rata-Rata (m^3/s)	Kecepatan Generator Rata-Rata (RPM)	Daya Keluaran Generator (Watt)
1	0,150	0,414	127,6	0,188
2	0,300	0,827	132,4	0,228
3	0,440	0,948	121	0,143

Grafik 4.1 Hubungan Daya Keluaran Generator Terhadap Perubahan Debit menggunakan lampu LED 9 Watt

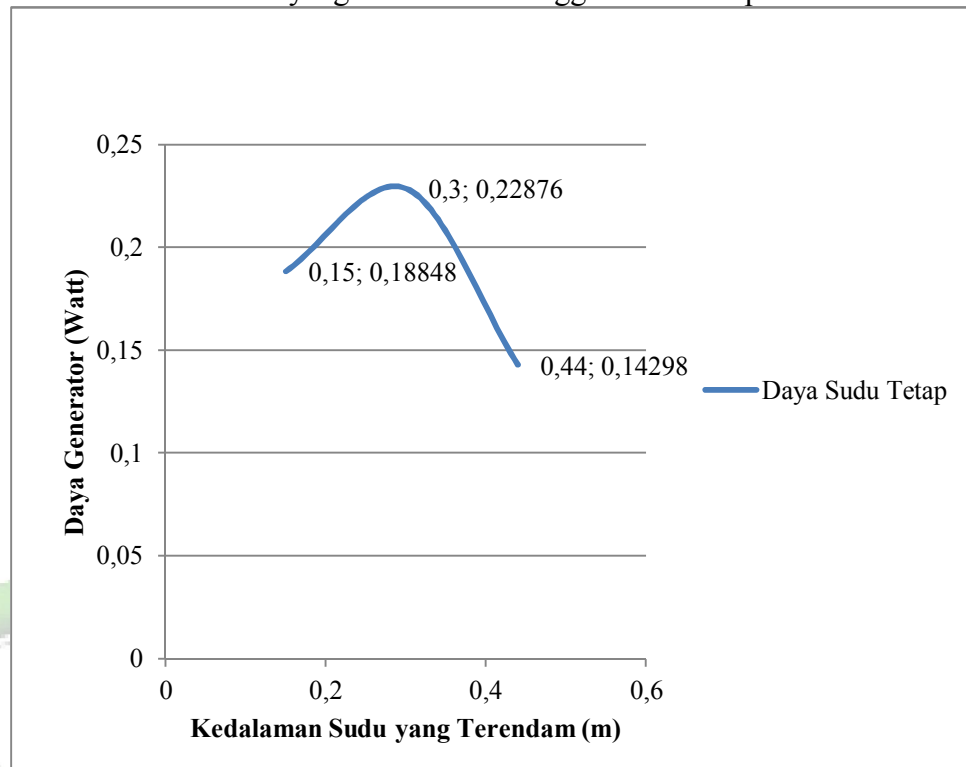


3. Hasil Perhitungan Daya Keluaran Pembangkit Berdasarkan Sudu Yang Terendam

Tabel 4.5 Daya Keluaran Pembangkit Terhadap Kedalaman Sudu yang Terendam menggunakan lampu LED 9 Watt

No	Kedalaman sudu yang terendam (m)	Debit Air Rata-Rata (m/s)	Kecepatan Generator Rata-Rata (RPM)	Daya Keluaran Generator (Watt)
1	0,150	1,381	127,6	0,188
2	0,300	1,378	132,4	0,229
3	0,440	1,078	121	0,143

Grafik 4.2 Hubungan Daya Keluaran Generator Terhadap Kedalaman Sudu yang Terendam Menggunakan Lampu LED 9 Watt.



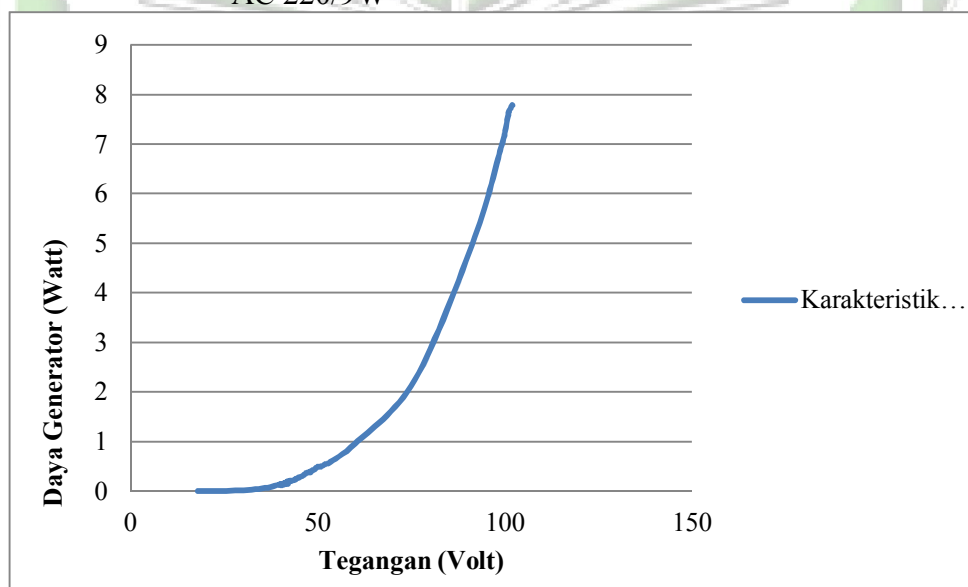
4. Hasil Pengujian Karakteristik Generator

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Karakteristik Generator Menggunakan Lampu LED 9 Watt

No	Kecepatan Generator (RPM)	Keluaran Generator		Daya Generator (Watt)
		Tegangan (Volt)	Arus (mA)	
1	47,2	18	0,3	0,005
2	73,5	28	0,5	0,014
3	108,4	36	1,8	0,065
4	117,9	40	3,5	0,140
5	119,1	41	3,2	0,131
6	120	40	3,2	0,128
7	121,8	40	3,6	0,144
8	122,2	42	3,4	0,143
9	124	41	4,0	0,164
10	125,7	41	3,9	0,160
11	128,8	43	5,0	0,215
12	130	42	4,4	0,185
13	131	42	4,8	0,202
14	132,7	43	4,9	0,211

15	134	44	5,2	0,229
16	136,1	44	5,6	0,246
17	138,6	46	6,8	0,313
18	142,8	47	7,9	0,371
19	145,7	48	7,8	0,374
20	148	48	8,1	0,389
21	150,1	49	8,9	0,436
22	151,5	50	9,9	0,495
23	153,8	51	9,8	0,500
24	155,2	52	10,6	0,551
25	157	53	10,8	0,572
26	161,1	60	16,0	0,960
27	188,7	76	29,6	2,250
28	256,5	92	55,8	5,134
29	290	99	70,1	6,940
30	298,1	100	72,3	7,230
31	299,8	101	75,6	7,636
32	301,3	102	76,4	7,793

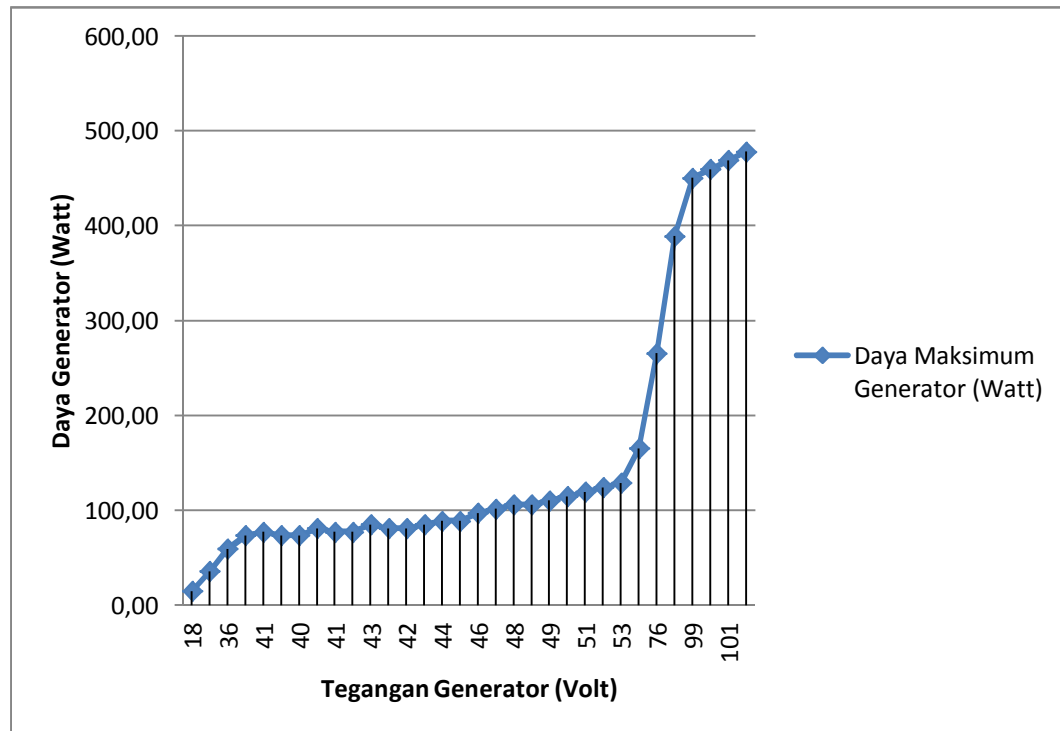
Grafik 4.3 Karakteristik Generator Menggunakan Beban Lampu LED AC 220/9W



Tabel 4.7 Data Hasil Perhitungan Daya Maksimum Yang Dihasilkan Generator.

No	Kecepatan Generator (Rpm)	Keluaran Generator			Daya Generator (Watt)
		Tegangan (Volt)	Hambatan (Ohm)	Arus (A)	
1	47.2	18	21.74	0.828	14.90
2	73.5	28	21.74	1.288	36.06
3	108.4	36	21.74	1.656	59.62
4	117.9	40	21.74	1.84	73.60
5	119.1	41	21.74	1.886	77.33
6	120	40	21.74	1.84	73.60
7	121.8	40	21.74	1.84	73.60
8	122.2	42	21.74	1.932	81.14
9	124	41	21.74	1.886	77.33
10	125.7	41	21.74	1.886	77.33
11	128.8	43	21.74	1.978	85.05
12	130	42	21.74	1.932	81.14
13	131	42	21.74	1.932	81.14
14	132.7	43	21.74	1.978	85.05
15	134	44	21.74	2.024	89.06
16	136.1	44	21.74	2.024	89.06
17	138.6	46	21.74	2.116	97.34
18	142.8	47	21.74	2.162	101.61
19	145.7	48	21.74	2.208	105.98
20	148	48	21.74	2.208	105.98
21	150.1	49	21.74	2.254	110.45
22	151.5	50	21.74	2.3	115.00
23	153.8	51	21.74	2.346	119.65
24	155.2	52	21.74	2.392	124.38
25	157	53	21.74	2.438	129.21
26	161.1	60	21.74	2.76	165.60
27	188.7	76	21.74	3.496	265.70
28	256.5	92	21.74	4.232	389.34
29	290	99	21.74	4.554	450.85
30	298.1	100	21.74	4.6	460.00
31	299.8	101	21.74	4.646	469.25
32	301.3	102	21.74	4.692	478.58

Grafik 4.4 Karakteristik Generator Dengan Daya Maksimum



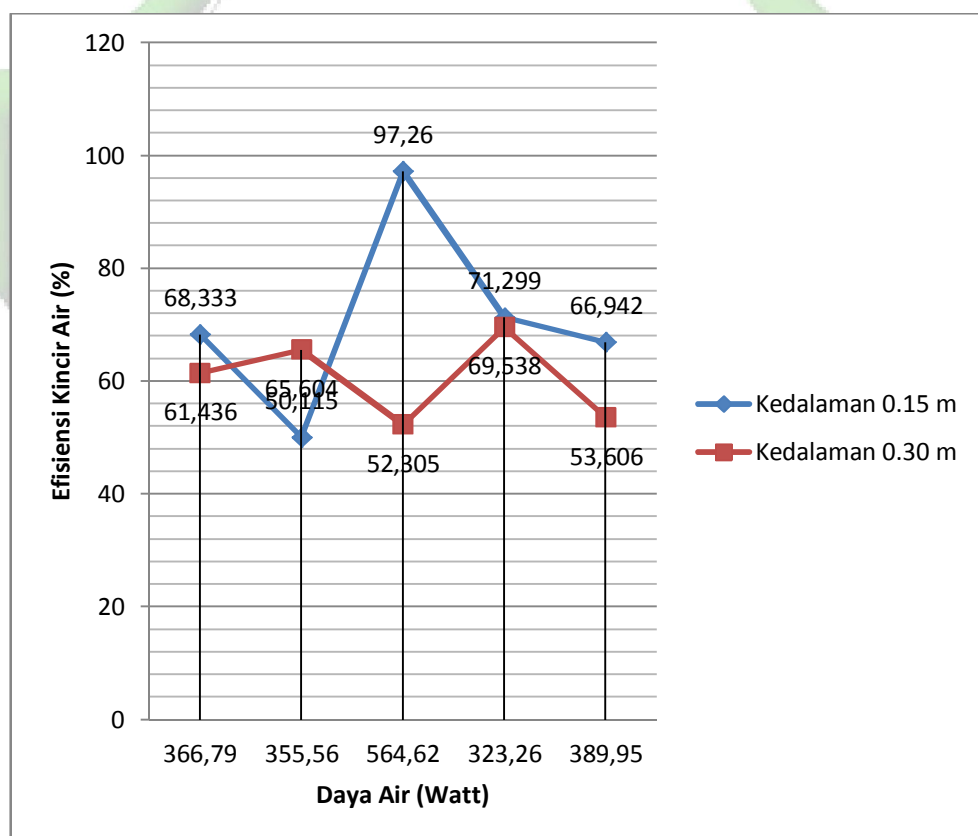
5. Hasil Perhitungan efisiensi daya kincir air dalam mengkonversi daya air

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Efisiensi Daya Kincir Air Dalam Mengkonversi Daya Air Menggunakan Lampu LED 9 Watt

Kedalaman sudu yang terendam (m)	Luas Sudu Yang Terendam (m ²)	Kecepatan Air Terkena Sudu Kincir (m/s)	Daya Air (Watt)	Daya Kincir (Watt)	Efisiensi Kincir (%)
0.15	0.3	1.35	366.79	250.64	68.333
	0.3	1.33	355.56	178.19	50.115
	0.3	1.56	564.62	549.15	97.260
	0.3	1.29	323.26	230.48	71.299
	0.3	1.37	389.95	261.04	66.942
0.30	0.6	1.36	756.51	464.77	61.436
	0.6	1.40	828.13	543.29	65.604

0.44	0.6	1.28	625.89	327.37	52.305
	0.6	1.44	904.14	628.72	69.538
	0.6	1.40	828.13	443.93	53.606
	0.88	1.01	458.6	-652.37	-142.253
	0.88	1.04	497.34	-522.41	-105.041
0.44	0.88	1.06	517.5	-663.34	-128.182
	0.88	1.10	581.23	-488.72	-84.084
	0.88	1.18	723.97	-461.65	-63.766

Grafik 4.5 Efisiensi Daya Kincir Terhadap Daya Air



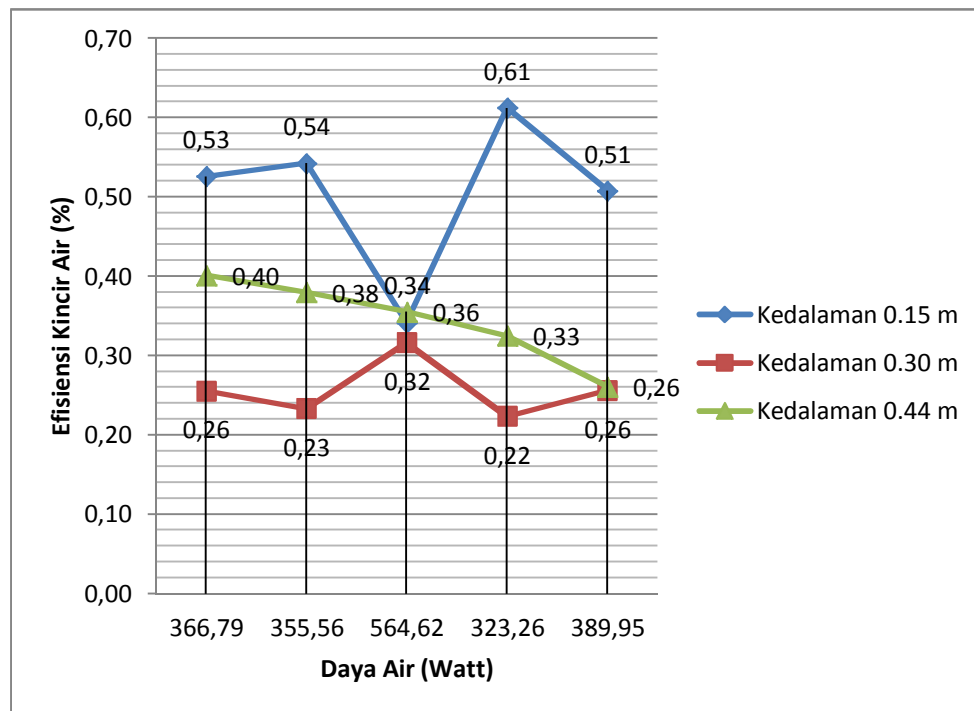
6. Hasil Perhitungan Efisiensi Daya Generator Dalam Mengkonversi

Daya Air

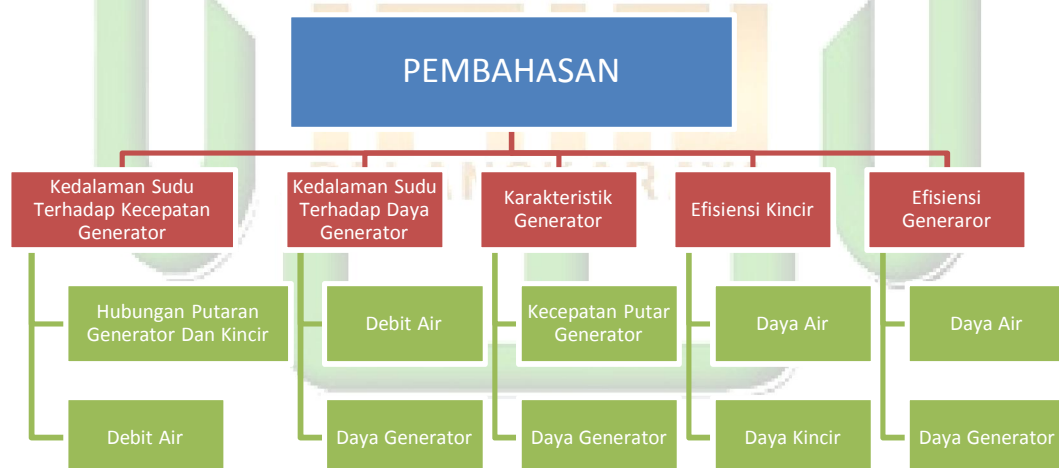
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Efisiensi Daya Kincir Air Dalam Mengkonversi Daya Air Menggunakan Lampu LED 9 Watt

Kedalaman sudu yang terendam (m)	Luas Sudu Yang Terendam (m ²)	Kecepatan Air Terkena Sudu Kincir (m/s)	Daya Air (Watt)	Daya Generator (Watt)	Efisiensi Generator (%)
0.15	0.3	1.35	366.79	1.93	0.53
	0.3	1.33	355.56	1.93	0.54
	0.3	1.56	564.62	1.93	0.34
	0.3	1.29	323.26	1.98	0.61
	0.3	1.37	389.95	1.98	0.51
0.30	0.6	1.36	756.51	1.93	0.26
	0.6	1.40	828.13	1.93	0.23
	0.6	1.28	625.89	1.98	0.32
	0.6	1.44	904.14	2.02	0.22
	0.6	1.40	828.13	2.12	0.26
0.44	0.88	1.01	458.6	1.84	0.40
	0.88	1.04	497.34	1.89	0.38
	0.88	1.06	517.5	1.84	0.36
	0.88	1.10	581.23	1.89	0.33
	0.88	1.18	723.97	1.89	0.26

Grafik 4.6 Efisiensi Daya Generator Terhadap Daya Air



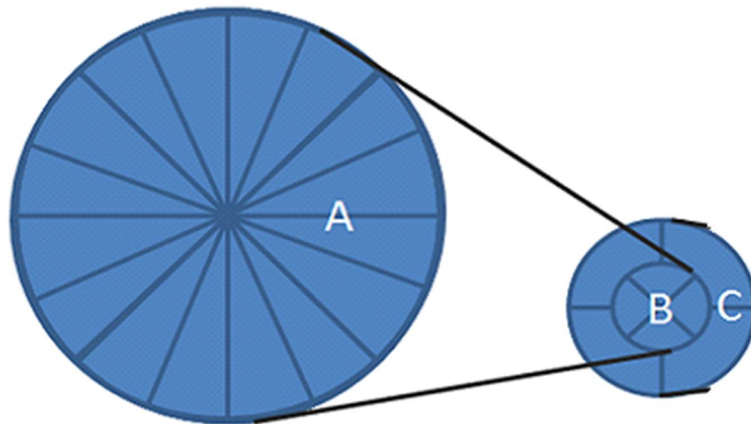
D. Pembahasan



Analisis konversi energi pada Turbin Air meliputi energi Air yang menerpa sudu Turbin sehingga menyebabkan Turbin berputar dan memiliki daya Turbin yang kemudian diteruskan oleh sumbu Turbin ke generator yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang berupa daya listrik. Nilai daya pada penelitian ini memiliki perbedaan yaitu, daya Air, daya Turbin dan daya generator hal ini terjadi karena adanya rugi-rugi gaya yaitu, gaya gesek Turbin dengan Air, gaya gesek sumbu Turbin dengan kerangka, perbandingan roda penghubung serta gaya beban dari generator dan lampu.

1. Hubungan Putaran Kincir dan Putaran Generator

Dua buah roda yang dihubungkan menggunakan sabuk atau rantai akan memiliki kecepatan linear sama besar, pada pembangkit antara polley yang ada di turbin dan polley kedua dihubungkan menggunakan vanbelt sehingga besar kecepatan linear pada polley turbin dan polley ke dua sama besar. Dengan jari jari Turbin (R_A) sebesar 32 cm dan jari-jari hubung (R_B) sebesar 2.75 cm serta frekuensi polley turbin yang terekam dalam pengambilan data sebesar 6 Rotasi Per Menit (RPM) maka kita dapat menghitung besarnya kecepatan sudut pada polley ke dua dengan menggunakan tabel 2.3.



Gambar. 4.8 Hubungan Polley A Ke Polley B Menggunakan Sabuk

$$\omega = \frac{f_1 \cdot 2\pi}{60}$$

$$\omega = \frac{6RPM \times 2 \times 3.14}{60s}$$

$$\omega = 0.628 \text{ rad/s}$$

$$v_1 = v_2$$

$$\omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2$$

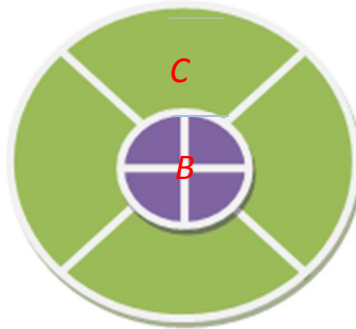
$$0.628 \text{ rad/s} \cdot 0.32m = \omega_2 \cdot 0.0275m$$

$$\omega_2 = \frac{0.628 \text{ rad/s} \cdot 0.32m}{0.0275m}$$

$$\omega_2 = 7.3076 \text{ rad/s}$$

Pada polley ke dua digabungkan seporos dengan polley ketiga dimana kecepatan sudut polley kedua sama dengan kecepatan sudut polley ketiga. Dengan jari jari polley ketiga (R_C)

sebesar 11 cm maka besar kecepatan linear pada polley ketiga dapat kita hitung menggunakan tabel 2.3.



Gambar. 4.9 Hubungan Polley B Ke Polley C Seporos

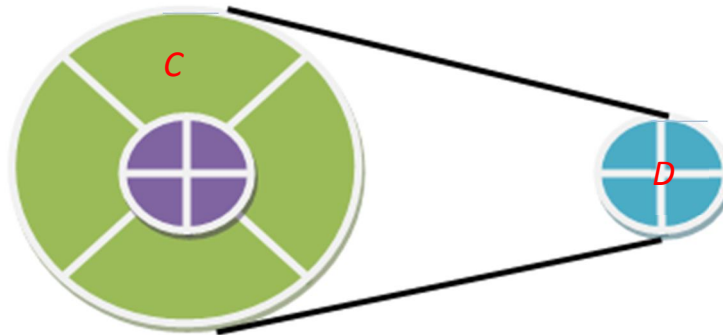
$$\omega_2 = \omega_3$$

$$7.3076 \text{ rad/s} = \frac{v_3}{R_3}$$

$$7.3076 \text{ rad/s} = \frac{v_3}{0.12 \text{ m}}$$

$$v_3 = 0.8769 \text{ m/s}$$

Pada polley generator dihubungkan menggunakan vanbelt ke polley tiga sehingga kecepatan linear polley generator sama dengan polley tiga. Dengan jari jari polley generator (R_D) sebesar 2.75 cm maka dapat kita hitung,



Gambar. 4.10 Hubungan Polley C ke Polley D Menggunakan Sabuk

$$v_3 = v_4$$

$$v_3 = \omega_4 \cdot R_4$$

$$v_3 = 2\pi f_4 \cdot R_4$$

$$0.8769 \frac{m}{s} = 2\pi f_4 \cdot 0.0275m$$

$$f_4 = \frac{31.8873s^{-1}}{2\pi}$$

$$f_4 = \frac{31.8873s^{-1}}{2 \times 3.14}$$

$$f_4 = 5.0776 \text{ Hz}$$

$$f_4 = 5.0776 \frac{\text{putaran}}{s}$$

$$f_4 = 5.0776 \frac{\frac{\text{putaran}}{s}}{\frac{1}{60} \text{ menit}}$$

$$f_4 = 304.656 \text{ RPM}$$

Sedangkan dilapangan dengan kecepatan turbin yang sama menghasilkan kecepatan generator sebesar 155 RPM hal ini

disebabkan oleh factor vanbelt dan polley yang basah terkena air sehingga terjadi slep antar panbelt dan polley.

2. Debit Air

Dilihat dari grafik 4.2, menunjukan bahwa variasi Kedalam sudu yang terendam air berpengaruh terhadap perubahan putaran Turbin disetiap debit air, namun pada sudu tetap terjadi perubahan yang berbanding terbalik setiap jenis sudu memiliki kemampuan yang berbeda pada setiap Kedalam sudu yang terendam Air, pada Sudu Tetap semakin dalam sudu yang terendam air maka semakin meningkatkan nilai debit air, pada sudu tetap semakin meningkatnya nilai debit air maka semakin kecil daya yang dihasilkan pembangkit. Hal ini terjadi karena, gaya Air yang mengenai sudu Turbin menyebabkan perbedaan tekanan antara bagian depan sudu dan bagian belakang sudu, sehingga gaya dorong yang dihasilkan mengalami perubahan disetiap debit Air. Pada sudu tetap terjadi turbulensi aliran fluida pada bagian belakang sudu yang menyebabkan menurunnya kemampuan pembangkit dalam menghasilkan daya listrik

Pada sudu tetap putaran terbesar dimiliki oleh kedalaman sudu yang terendam sebesar 0.30 m dengan debit air sebesar $0.826673 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan jumlah putaran sebanyak 132.4 rpm, dan putaran terkecil dimiliki oleh kedalaman sudu yang terendam sebesar 0.44 m dengan debit air sebesar 0.948452 dengan jumlah putaran sebanyak 121 rpm.

Sementara, untuk kedalaman sudu yang terendam sebesar 0.15 m debit air sebesar 0.41417 dengan jumlah putaran 127.6 rpm.

Pada grafik 4.2 setiap sudu memiliki karakteristik putaran yang berbeda-beda. Perbedaan debit Air pada setiap kedalaman sudu disebabkan oleh perbedaan dimensi Turbin. Dengan adanya perbedaan dimensi, gaya hambat yang bekerja pada Turbin juga mengalami perbedaan.

3. Daya Listrik Generator

Daya listrik diperoleh dari putaran generator yang dihubungkan dengan Turbin Air. Dari penelitian ini didapat nilai tegangan listrik dan nilai arus listrik, besar-kecilnya nilai tegangan listrik dan arus listrik bergantung pada kecepatan putar generator yang bergantung pada kedalaman sudu yang terendam Air. Daya listrik diperoleh dengan perhitungan menggunakan persamaan $P = I v$ (tabel 4.3)

Dari grafik 4.3 menunjukan bahwa variasi kedalaman sudu berpengaruh terhadap daya listrik pada generator disetiap debit Air, semakin meningkatnya nilai debit Air disertai dengan meningkatnya nilai daya listrik pada generator terkecuali pada sudu tetap. Hal ini terjadi karena Pada sudu tetap terjadi turbulensi aliran fluida pada bagian belakang sudu yang menyebabkan menurunnya kemampuan pembangkit dalam menghasilkan daya listrik,.

Pada sudu tetap daya terbesar dimiliki oleh kedalaman sudu yang terendam sebesar 0.30 m dengan daya sebesar 0.22876 Watt, dan daya dimiliki oleh kedalaman sudu yang terendam sebesar 0.44 m dengan daya sebesar 0.14298 Watt. Sementara, untuk kedalaman sudu yang terendam sebesar 0.15 m menghasilkan daya sebesar 0.18848 Watt.

Berdasarkan data, grafik dan uraian di atas terlihat bahwa perubahan daya listrik pada setiap kedalaman sudu kincir mengikuti perubahan putaran yang dimiliki oleh kincir. Sementara, perubahan putaran kincir dipengaruhi oleh perubahan kedalaman sudu kincir pada yang terendam Air. Jadi, nilai daya listrik generator dipengaruhi oleh variasi kedalaman sudu pada setiap debit Air.

4. Karakteristik Generator

Karakteristik generator adalah sebuah gambaran grafik yang menyatakan hubungan antara dua nilai yang menentukan sifat sebuah generator, dalam penelitian ini nilai yang digunakan untuk menentukan sifat sebuah generator adalah nilai kecepatan putaran permenitnya (RPM) dan juga nilai Tegangan dimana nilai arus sendiri menyesuaikan terhadap nilai beban yang digunakan dalam pengujian,

Pada tabel 4.8 merupakan daya maksimum yang dapat dihasilkan generator berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan 2.24 dimana arus sendiri dapat di cari dengan menggunakan dengan menggunakan hukum Ohm $V = IR$

Dari grafik 4.4 dan grafik 4.5 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai kecepatan rotasi per menit maka semakin besar juga tegangan yang dihasilkan,

Daya maksimum yang dihasilkan oleh generator dalam pengujian di lapangan adalah 115 Watt dengan nilai kecepatan putaran sebesar 155 RPM, tegangan sebesar 50 volt dan arus sebesar 2,3 A (saat dihubungkan singkat). Sedangkan daya maksimum yang dapat dihasilkan generator berdasarkan perhitungan menggunakan teori adalah sebesar 478,58 Watt dengan kecepatan putar generator 301.3 RPM.

5. Efisiensi kinerja Kincir Air

Efisiensi daya merupakan presentase perubahan daya yaitu, besarnya daya yang dapat diubah dari bentuk satu ke bentuk daya yang lain sehingga, menggambarkan kemampuan sebuah alat dalam mengubah daya. Besarnya efisiensi kinerja kincir air dihitung menggunakan persamaan 2.26.

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi kinerja kincir dalam menghasilkan daya kincir pada variasi Kedalaman sudu terhadap kecepatan air. Diperoleh sebagai berikut:

- a. Pada kedalaman sudu 0,15 m nilai efisiensi perubahan daya air ke daya kincir terbesar terjadi pada kecepatan air 1,56 m/s sebesar 97,26% daya yang dapat diubah oleh kincir sedangkan, nilai efisiensi perubahan daya air ke daya kincir terkecil terjadi pada kecepatan air 1,33 m/s, sebesar 50,12% daya yang dapat diubah

oleh kincir. Jadi, berdasarkan perhitungan untuk kecepatan air 1,56 m/s, kincir bekerja efektif pada kincir air dengan kedalaman sudu 0,15 m.

- b. Pada kedalaman sudu 0,30 m nilai efisiensi perubahan daya air ke daya kincir terbesar terjadi pada kecepatan air 1,45 m/s sebesar 69,54% daya yang dapat dirubah oleh kincir sedangkan, nilai efisiensi perubahan daya air ke daya kincir terkecil terjadi pada kecepatan air 1,28 m/s, sebesar 52,31% daya yang dapat dirubah oleh kincir. Jadi, berdasarkan perhitungan untuk kecepatan air 1,45 m/s, kincir bekerja efektif pada kincir air dengan kedalaman sudu 0,30 m.
- c. Pada kedalaman sudu 0,44 m data efisiensi tidak dapat digunakan karena terdapat anomaly data kecepatan air dimana kecepatan sebelum terkena kincir lebih kecil dibandingkan data kecepatan air keluar sudu kincir, hal ini disebabkan oleh penyempitan celah antara dasar sungai dan sudu sehingga terjadi turbulensi di bagian belakang setelah keluar sudu kincir.

6. Efisiensi kinerja Generator

Besarnya efisiensi kinerja Generator dihitung menggunakan persamaan 2.26.

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi kinerja Generator dalam menghasilkan daya generator pada variasi Kedalaman sudu terhadap kecepatan air. Diperoleh sebagai berikut:

- a. Pada kedalaman sudu 0,15 m nilai efisiensi perubahan daya air ke daya Generator terbesar terjadi pada kecepatan air 1,29 m/s sebesar 0,61% daya yang dapat dirubah oleh Generator sedangkan, nilai efisiensi perubahan daya air ke daya Generator terkecil terjadi pada kecepatan air 1,56 m/s, sebesar 0,34% daya yang dapat dirubah oleh Generator. Jadi, berdasarkan perhitungan untuk kecepatan air 1,29 m/s, Generator bekerja efektif pada kincir dengan kedalaman sudu 0,15 m.
- b. Pada kedalaman sudu 0,30 m nilai efisiensi perubahan daya air ke daya Generator terbesar terjadi pada kecepatan air 1,28 m/s sebesar 0,32% daya yang dapat dirubah oleh Generator sedangkan, nilai efisiensi perubahan daya air ke daya Generator terkecil terjadi pada kecepatan air 1,44 m/s, sebesar 0,22% daya yang dapat dirubah oleh Generator. Jadi, berdasarkan perhitungan untuk kecepatan air 1,28 m/s, Generator bekerja efektif pada Kincir dengan kedalaman sudu 0,30 m.
- c. Pada kedalaman sudu 0,44 m data efisiensi tidak dapat digunakan karena terdapat anomaly data kecepatan air dimana kecepatan sebelum terkena Generator lebih kecil dibandingkan data kecepatan air keluar sudu kincir, hal ini disebabkan oleh

penyempitan celah antara dasar sungai dan sudu sehingga terjadi turbulensi di bagian belakang setelah keluar sudu kincir

E. Analisis Konversi Energi Air

Pada kedalaman sudu 0.15 m panjang sudu sebesar 1.0 m dan lebar 0,15 m berdasarkan persamaan 2.7 maka, luas sudu Turbin sebesar $1.0\text{ m} \times 0,15\text{ m} = 0,15\text{ m}^2$, karena Turbin terdiri dari dua tingkat maka luas Turbin yang diterpa Air sebesar $2 \times 0,15\text{ m}^2 = 0,30\text{ m}^2$.

Dengan menggunakan persamaan dan perhitungan yang sama pada variasi kedalaman sudu Turbin disetiap debit Air yang lainnya, maka diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan pada kedalaman 0,15 m menggunakan lampu LED 9 Watt.

No	\bar{v}_{air} (m/s)	A_{Turbin} (m ²)	\bar{v}_{Turbin} (rpm)	P_{Turbin} (watt)	P_{Air} (watt)	$P_{Listrik}$ (watt)
1.	1,347	0,3	122	250,639	366,792	0,143
2.	1,333	0,3	130	178,194	355,564	0,185
3.	1,556	0,3	130	549,145	564,623	0,185
4.	1,292	0,3	128	230,481	323,261	0,215
5.	1,375	0,3	128	261,037	389,951	0,215

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan pada kedalaman 0,30 m menggunakan lampu LED 9 Watt.

No	\bar{v}_{air} (m/s)	A_{Turbin} (m ²)	\bar{v}_{Turbin} (rpm)	P_{Turbin} (watt)	P_{Air} (watt)	$P_{Listrik}$ (watt)
1.	1,361	0,6	130	464,775	756,506	0,185
2.	1,403	0,6	130	543,294	828,130	0,185
3.	1,278	0,6	128	327,374	625,890	0,215
4.	1,445	0,6	136	628,719	904,137	0,246
5.	1,403	0,6	138	443,934	828,130	0,313

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan pada kedalaman 0,44 m menggunakan lampu LED 9 Watt.

No	\bar{v}_{air} (m/s)	A_{Turbin} (m ²)	\bar{v}_{Turbin} (rpm)	P_{Turbin} (watt)	P_{Air} (watt)	$P_{Listrik}$ (watt)
1.	1,014	0,88	120	-652,367	458,600	0,185
2.	1,042	0,88	119	-522,409	497,335	0,185
3.	1,056	0,88	118	-663,336	517,495	0,215
4.	1,098	0,88	123	-488,721	581,229	0,246
5.	1,181	0,88	125	-461,655	828,130	0,313

F. Beberapa Hal yang Mempengaruhi Putaran Turbin

Adapun beberapa hal selain debit putar Turbin dan debit Air yang dimiliki oleh Turbin pada saat mengalami putaran adalah sebagai berikut:

1. Daya Air

Besarnya daya Air yang berhembus akan mempengaruhi debit putar Turbin. Besar daya Air dipengaruhi oleh debit Air dan luas

permukaan sudu, semakin besar debit Air, semakin besar pula putaran Turbin. Daya Air dihitung menggunakan persamaan 2.6. (lampiran 1 tabel 1.1)

2. Daya kincir

Besarnya daya kincir yang diterpa oleh Air bergantung dari besarnya daya Air yang diterima oleh kincir. Besarnya daya Turbin dihitung menggunakan persamaan 2.31 (lampiran 1 tabel 1.2)

3. Momen gaya(torsi)

Momen gaya merupakan usaha memutar yang dilakukan oleh suatu gaya oleh Turbin Air. Nilai momen gaya dihitung menggunakan persamaan 2.30.

$$\tau = Ia$$

$$\tau = I(\omega^2 R)$$

$$\tau = IR\left(\frac{2\pi n}{60}\right)^2$$

Dimana n = Jumlah putaran permenit (RPM)

$$\tau = 39.26 \times 1 \times \left(\frac{2 \times 3.14 \times 6}{60}\right)^2$$

$$\tau = 39.26 \times 0.394$$

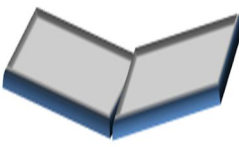

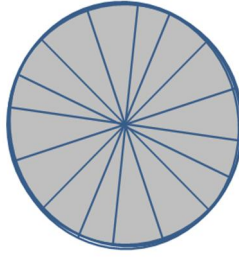
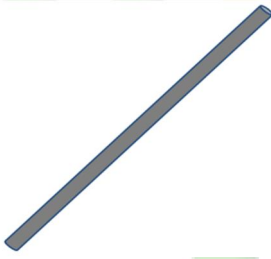
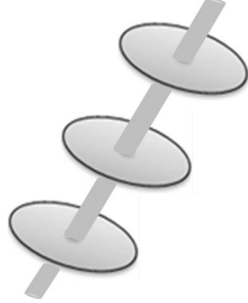
$$\tau = 39.26 \times 0.394$$

$$\tau = 15.48 \text{ Nm}$$

G. Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat meliputi bentuk, massa, jari-jari dan luas sudu kincir dari komponen-komponen kincir air.

Tabel 4.13 Komponen kincir air

No	Bentuk Benda	Massa Benda (Kg)	Jumlah	Rumus Momen Inersia	R/l
1.		1.4	18	$I = 2mR^2$	0.75 m
2.		0.5	54	$I = \frac{1}{3}ml^2$	1 m
3.		0.6	1	$I = mR^2$	0.32 m
4.		3.0	1	$I = \frac{1}{2}mR^2$	0.00083 m
5.		9.1	2	$I = \frac{3}{2}m(R_1^2 + 3R_2^2)$	$R_1 = 0.0125$ m $R_2 = 0.15$ m

1. Massa total kincir

Massa total kincir adalah jumlah massa keseluruhan komponen penyusun kincir tanpa generator. Massa total kincir adalah :

$$\begin{aligned}\sum M &= (1.2 \text{ Kg} \times 18) + (0.5 \text{ Kg} \times 54) + (0.6 \text{ Kg} \times 1) + (3.0 \text{ Kg} \times 1) + \\ &\quad (9.1 \text{ Kg} \times 2) \\ &= 21.6 \text{ Kg} + 27.0 \text{ Kg} + 0.6 \text{ Kg} + 3.0 \text{ Kg} + 18.2 \text{ Kg} \\ &= 70.4 \text{ Kg}\end{aligned}$$

2. Momen inersia kincir

Momen inersia kincir adalah jumlah seluruh momen inersia yang dihitung sesuai dengan rumus masing-masing bentuk dari komponen penyusun kincir. Pada penelitian ini kincir memiliki panjang lengan yang berbeda-beda dari setiap variasi sudut kelengkungan sudu. Momen inersia kincir pada penelitian ini dihitung menggunakan persamaan :

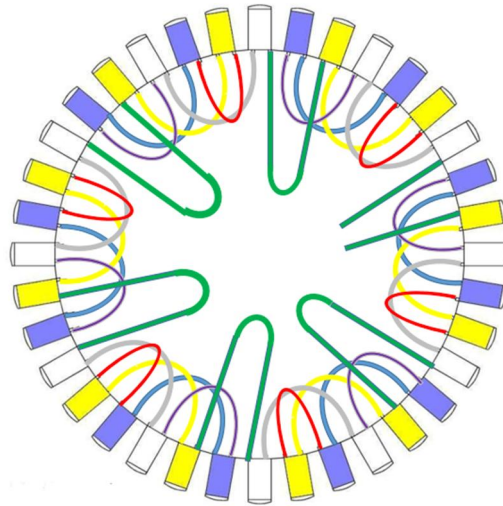
$$\begin{aligned}\sum I &= ((2mR^2) \ 18) + ((\frac{1}{3}ml^2) \ 54) + (mR^2) + (\frac{1}{2} mR^2) + \\ &\quad \frac{3}{2}m(R_1^2 + 3R_2^2))2\end{aligned}$$

Maka momen inersia total kincir adalah $\sum I = 39.26 \text{ N}$

3. Spesifikasi generator

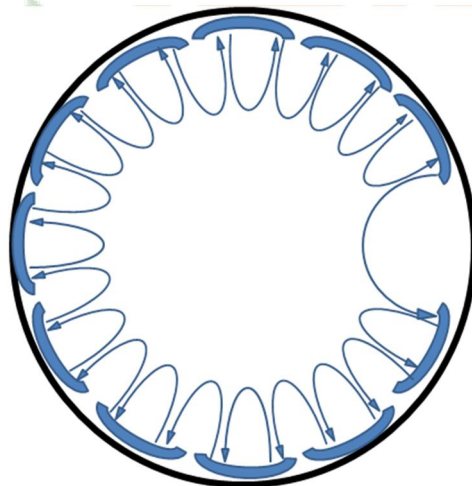
Generator yang digunakan dalam penelitian Ini adalah hasil modifikasi dari direct drive motor mesin cuci LG yang memiliki 36 kumparan dengan masing masing kumparan menggunakan inti besi, untuk tiap-tiap kumparan memiliki jumlah lilitan sebanyak 80 lilitan

dengan panjang kawat rata-rata sebesar 15 meter. Kawat yang digunakan adalah kawat alumunium dengan diameter 0.8 mm.



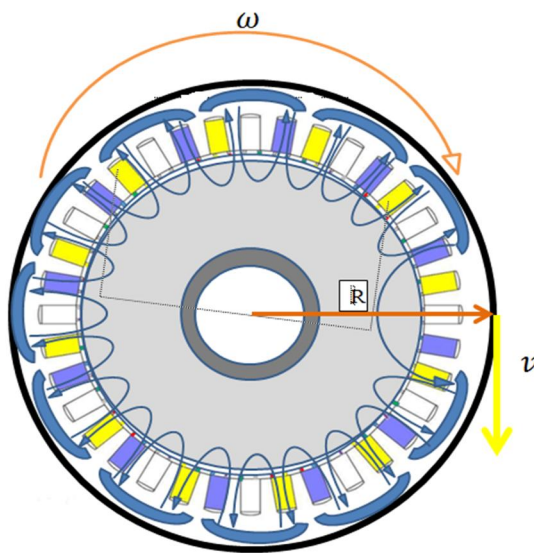
Gambar 4.11 Rancangan Direct Drive Generator 1 (satu Phase)

selain itu generator juga memiliki 11 buah magnet permanen dimana untuk setiap buah magnet memiliki 4 kutub magnet



Gambar 4.12 Magnet dan garis garis medan magnet pada generator.

Dalam penelitian ini koil berada didalam medan magnetic dan tidak mengalami gerak yang bergerak adalah magnet pada bagian luar.



Gambar 4.13 Posisi koil didalam medan magnet yang bergerak

Generator dalam penelitian ini menggunakan prinsip induksi magnetic karena menggunakan medan magnet yang berasal dari magnet permanen bukan dari medan magnet hasil dari induksi elektromagnetik. Adapun komponen generator adalah sebagai berikut:

Tabel 4.14 Komponen generator

No	Nama bahan	Ukuran	Jumlah
1.	Magnet permanen bentuk (cekung)	L = 3 cm Tebal = 3 mm	11 buah
2.	Kumparan (kawat email)	D = 0,8 mm Panjang = 20 m	36 kumparan
3.	Bearing	P125	1 buah
4.	Plat besi	D = 16 cm Tebal = 3 mm	1 lembar

4. Spesifikasi lampu

Lampu digunakan sebagai beban pada generator untuk mengetahui besarnya daya listrik yang dihasilkan oleh generator. Adapun lampu yang digunakan pada penelitian ini adalah Lampu LED dengan konsumsi daya sebesar 9 watt

H. Kendala Penelitian

Adapun kendala dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Material komponen dari pembangkit bukan material yang mampu bertahan lama karena mudah terkorosi
2. Lokasi pengambilan data lapangan merupakan anak sungai yang dangkal sehingga pengambilan data terjadi anomaly
3. Tachometer yang digunakan dalam pengambilan data kecepatan putar generator tidak mampu optimal dioperasikan di bawah cahaya matahari langsung. Sehingga pembacaan data beberapa kali eror

4. Peralatan pengujian generator tidak mampu melakukan pengambilan data dengan RPM diatas 300 RPM
5. Polley yang digunakan bukan lah polley yang sesuai dengan pembangkit sehingga terjadi slip yang mengakibatkan sabuk sering lepas dan kecepatan putar generator menjadi kurang maksimal



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, kesimpulannya adalah:

1. Kedalaman sudu sangat berpengaruh terhadap perubahan kecepatan putar generator. Setiap kedalaman sudu memiliki karakter yang berbeda-beda, Kecepatan putar generator terbesar dimiliki oleh kedalaman sudu 30 cm pada kecepatan air 1,4 m/s dengan kecepatan putar sebesar 138 rpm. Dan kecepatan putar terkecil dimiliki oleh kedalaman sudu 15 cm pada kecepatan air 1,3 m/s dengan kecepatan putar sebesar 122 rpm, .
2. Daya listrik terbesar dimiliki oleh kincir air dengan kedalaman sudu 30 cm pada kecepatan air 1,4 m/s, dengan kecepatan generator sebesar 138 rpm dan daya listrik yang dihasilkan generator sebesar 0,3128 watt. dan daya listrik terkecil dimiliki oleh kincir air dengan kedalaman sudu 15 cm pada kecepatan air 1,3 m/s, dengan kecepatan putar generator sebesar 122 rpm dan daya listrik yang dihasilkan generator sebesar 0,1428 watt.
3. Karakteristik generator menyesuaikan dengan hambatan atau beban yang di berikan pada output generator, untuk lampu LED dengan daya 9 Watt, daya listrik tertinggi yang dihasilkan generator dengan kecepatan putaran 301.3 rpm dengan daya sebesar 7.8 watt sedangkan daya listrik terendah yang dihasilkan generator adalah pada kecepatan

putar generator 47.8 rpm dengan daya sebesar 0.0054 watt. Daya maksimum generator yang dihasilkan pada saat dihubungkan singkat dengan kecepatan putar generator sebesar 151 rpm adalah 115 watt dengan tegangan sebesar 50 volt dan arus listrik sebesar 2.3 ampere.

4. Efisiensi terbesar kinerja kincir air dalam mengkonversikan daya air terjadi kedalaman sudu 0,15 sebesar 97,26% pada kecepatan air 1,56 m/s dan efisiensi terkecil terjadi pada kedalaman sudu 0,15 sebesar 50,12% pada kecepatan 1,33 m/s.
5. Efisiensi terbesar kinerja Generator dalam mengkonversikan daya air terjadi kedalaman sudu 0,15 sebesar 0.61% pada kecepatan air 1,29 m/s dan efisiensi terkecil terjadi pada kedalaman sudu 0,30 sebesar 0,22% pada kecepatan 1,44 m/s.

B. Saran

Adapun beberapa saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya adalah:

1. Penentuan kedalaman sudu pada perancangan kincir air hendaklah menggunakan baut yang lebih panjang sehingga variasi kedalaman sudu yang terendam bisa lebih banyak.
2. Sungai yang digunakan pada pengambilan data hendaklah lebih dalam sehingga anomoli yang pada pengambilan data dapat dihindari.
3. Dalam melakukan pengujian karakteristik generator hendaknya menggunakan instrument yang benar-benar mampu menggerakkan generator dengan beban yang lebih besar.

4. Jika penelitian ini dilanjutkan maka sangat perlu bagi peneliti mengganti bahan kumparan menjadi bahan yang berasal dari tembaga murni sehingga generator dapat di maksimalkan.
5. Jika diterapkan pada masyarakat hendaknya matrial yang digunakan merupakan material yang tahan karat dan juga bisa tahan lama agar masyarakat lebih mudah melakukan perawatan.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin. 2016. *Fisika Dasar I*, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Al-Maragi, Ahmad Mustafa. 1993 *Tafsir Al Maragi Juz IV* Cet.2, Semarang: PT. Karya Toha Putra
- Andi Setiawan, Andreas, 2013. *Pengaruh Jarak Celah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Kincir Angin Poros Vertikal Savonius*, Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Bambang, M.Zahri kadir. 2010. *Pengaruh Tinggi Sudu Kincir Air Terhadap Daya Dan Efisiensi Yang Dihasilkan*. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*, alih bahasa Yuhilza Hanum, Jakarta: Erlangga.
- Haris, Wiranto Munandar. 1998. *penggerak mula turbin*, Bandung: ITB Pers.
- Hendarto, Aryo P. 2012. *Pemanfaatan Pemandian Umum Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMh) Menggunakan kincir Tipe Overshot*.
- Henry, Oggy Sukasah. 2013. *Analisis Perubahan Dimensi Kincir Air Terhadap Kecepatan Aliran Air (Studi Kasus Desa Pandan Enim)*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 1, No. 1
- Jurnal Riset Industri. 2013. *Perkembangan Energy Baru Terbarukan Mendukung Ketahanan Energy Nasional*, Kementerian Perindustrian Republik Indonesi. Vol. 7 no.2.
- Kadiman, Kusmayanto. 2006. *Buku Putih Penelitian, Pengembangan Dan Penerapan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Energi Baru Dan Terbarukan Untuk Mendukung Keamanan dan Ketersediaan Energi Tahun 2005 – 2025*, Jakarta: Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia.
- Lustia Dewi, Marizka. 2010. *Analisis Kinerja Kincir Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Kincir*, Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Quran Tajwid dan terjemahnya*, 2006 Jakarta: Maghfirah pustaka.
- Ramadhan, Lukman. 2012. *Pengaruh Variasi Tinggi Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Lengkung Overshot*, Univ. Brawijaya

- Shihab, M. Quraisy. 2002. *Tafsir Al-Mishbah*, Jakarta : Lentera Hati
- Soepatah, Bambang dan Soeparno.1978. *Mesin listrik 1*, Jakarta: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- Sudianto, Edis. 2009. *Pengujian Sudu Lengkung Prototipe Turbin Air Terapung Pada Aliran Sungai*, Univ. Sumatera Utara
- Sumardi,Yosaphat, dkk. 2007. *Mekanika*, Jakarta: Universitas Terbuka.
- Tipler, Paul A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 2*, alih bahasa Bambang Soegijono; Jakarta : Erlangga.
- Wahyudi, Slamet dkk. 2012. *Pengaruh Ketebalan Sudu Terhadap Kinerja Kincir Air Tipe Sudu Datar*. Jurnal Rekayasa Mesin vol 3, ISSN 0216-468X.
- Zaelani, Ahmad dkk. 2006. *1700 Bank soal bimbingan pemantapan fisika SMA*,Bandung:Yrama Widya.
- Rencana Umum Energi Daerah (REUD) Kalimantan Tengah 2012 – 2025, Provensi Kalimantan Tengah 2014

Lampiran 1

Tabel. 1.1 Daya Air Pada Setiap Kedalaman Sudu

Kedalaman Sudu (M)	Luas Sudu Yang Terendam (M ²)	Kecepatan Air Terkena Sudu Turbin (M/S)	Daya Air (Watt)
0.15	0.30	1.347	366.792
	0.30	1.333	355.564
	0.30	1.556	564.623
	0.30	1.292	323.261
	0.30	1.375	389.951
0.30	0.60	1.361	756.506
	0.60	1.403	828.130
	0.60	1.278	625.890
	0.60	1.444	904.137
	0.60	1.403	828.130
0.44	0.88	1.014	458.600
	0.88	1.042	497.335
	0.88	1.056	517.495
	0.88	1.097	581.228
	0.88	1.181	723.973

Untuk mendapatkan nilai daya air dihitung menggunakan persamaan 2.4 yaitu

$$P_{Air} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$
 dengan nilai Massa jenis zat cair 1000kg/m³ contoh perhitungan sebagai berikut:

$$P_{Air} = \frac{1}{2} 1000 \times 0.30 \times (1.347)^3$$

$$P_{Air} = \frac{1}{2} 1000 \times 0.30 \times (1.347)^3$$

$$P_{Air} = 366.792 \text{ Watt}$$

Tabel. 1.2 Daya Kincir Pada Setiap Kedalaman Sudu

Kedalaman Sudu (M)	Luas Sudu Yang Terendam (M ²)	Kecepatan Air Masuk Sudu Kincir (M/S)	Kecepatan Air Keluar Sudu Kincir (M/S)	Daya Kincir (Watt)
0.15	0.30	1.50	1.19	250.639
	0.30	1.44	1.22	178.194
	0.30	1.81	1.31	549.145
	0.30	1.44	1.14	230.481
	0.30	1.53	1.22	261.037
0.30	0.60	1.50	1.22	464.775
	0.60	1.56	1.25	543.294
	0.60	1.39	1.17	327.374
	0.60	1.61	1.28	628.719
	0.60	1.53	1.28	443.934
0.44	0.88	0.78	1.25	-652.367
	0.88	0.86	1.22	-522.409
	0.88	0.83	1.28	-663.336
	0.88	0.94	1.25	-488.721
	0.88	1.06	1.31	-461.655

Untuk mendapatkan nilai daya air dihitung menggunakan persamaan 2.5 yaitu

$$p_{kincir} = \frac{1}{2} \rho (Av_2^3 - Av_1^3) \Rightarrow p_{kincir} = \frac{1}{2} \rho A (v_2^3 - v_1^3)$$

dengan nilai Massa jenis zat cair 1000kg/m³ contoh perhitungan sebagai berikut:

$$p_{kincir} = \frac{1}{2} \rho A (v_2^3 - v_1^3)$$

$$p_{kincir} = \frac{1}{2} 1000 \times 0.30 \times ((1.19)^3 - (1.50)^3)$$

$$p_{kincir} = 250.639 \text{ Watt}$$

Lampiran 2.

Data Pengujian Lapangan

Kedalaman Sudu 0.15 m

Tabel 2.1. Data Pengujian Lapangan Pada Kedalaman Sudu 0.15m

No	Kecepatan air masuk sudu Kincir (KM/Jam)	Kecepatan air keluar sudu Kincir (KM/Jam)	Kecepatan putar kincir (RPM)	Kecepatan putar Generator (RPM)	Tegangan Generator (Volt)	Arus Generator (mA)	Daya Generator (Watt)
1	5.40	4.30	6	122	42	3.4	0.1428
2	5.20	4.40	6	130	42	4.4	0.1848
3	6.50	4.70	6	130	42	4.4	0.1848
4	5.20	4.10	6	128	43	5	0.215
5	5.50	4.40	6	128	43	5	0.215

Kedalaman Sudu 0.30 m

Tabel 2.2. Data Pengujian Lapangan Pada Kedalaman Sudu 0.30m

No	Kecepatan air masuk sudu Kincir (KM/Jam)	Kecepatan air keluar sudu Kincir (KM/Jam)	Kecepatan putar kincir (RPM)	Kecepatan putar Generator (RPM)	Tegangan Generator (Volt)	Arus Generator (mA)	Daya Generator (Watt)
1	5.40	4.40	6	130	42	4.4	0.185
2	5.60	4.50	6	130	42	4.4	0.185
3	5.00	4.20	6	128	43	5.0	0.215
4	5.80	4.60	6	136	44	5.6	0.246
5	5.50	4.60	6	138	46	6.8	0.313

Kedalaman Sudu 0.44 m
Tabel 2.3. Data Pengujian Lapangan Pada Kedalaman Sudu 0.44m

No	Kecepatan air masuk sudu Kincir (KM/Jam)	Kecepatan air keluar sudu Kincir (KM/Jam)	Kecepatan putar kincir (RPM)	Kecepatan putar Generator (RPM)	Tegangan Generator (Volt)	Arus Generator (mA)	Daya Generator (Watt)
1	2.80	4.50	6	120	40	3.2	0.128
2	3.10	4.40	6	119	41	3.2	0.131
3	3.00	4.60	6	118	40	3.5	0.140
4	3.40	4.50	6	123	41	3.8	0.156
5	3.80	4.70	6	125	41	3.9	0.160

Lampiran 3

Pengujian Karakteristik Generator

Tabel. 3. Data Pengujian Karakteristik Generator Dengan Beban Lampu LED 9 Watt

No	Kecepatan Generator (Rpm)	Keluaran Generator		Daya Generator (Watt)
		Tegangan (Volt)	Arus (mA)	
1	47.2	18	0.3	0.0054
2	73.5	28	0.5	0.014
3	108.4	36	1.8	0.0648
4	117.9	40	3.5	0.14
5	119.1	41	3.2	0.1312
6	120	40	3.2	0.128
7	121.8	40	3.6	0.144
8	122.2	42	3.4	0.1428
9	124	41	4	0.164
10	125.7	41	3.9	0.1599
11	128.8	43	5	0.215
12	130	42	4.4	0.1848
13	131	42	4.8	0.2016
14	132.7	43	4.9	0.2107
15	134	44	5.2	0.2288
16	136.1	44	5.6	0.2464
17	138.6	46	6.8	0.3128
18	142.8	47	7.9	0.3713
19	145.7	48	7.8	0.3744
20	148	48	8.1	0.3888
21	150.1	49	8.9	0.4361
22	151.5	50	9.9	0.495
23	153.8	51	9.8	0.4998
24	155.2	52	10.6	0.5512
25	157	53	10.8	0.5724
26	161.1	60	16	0.96
27	188.7	76	29.6	2.2496
28	256.5	92	55.8	5.1336
29	290	99	70.1	6.9399
30	298.1	100	72.3	7.23
31	299.8	101	75.6	7.6356
32	301.3	102	76.4	7.7928

Lampiran 4.

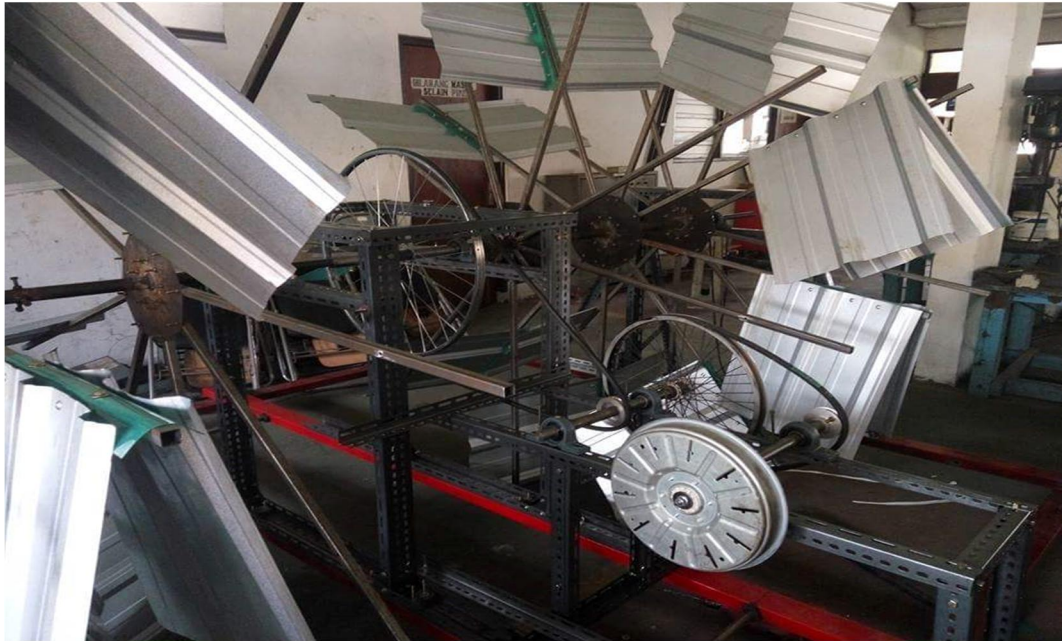
Dokumentasi Penelitian



Pembuatan Tempat Generator



Pembuatan Lengan Sudu



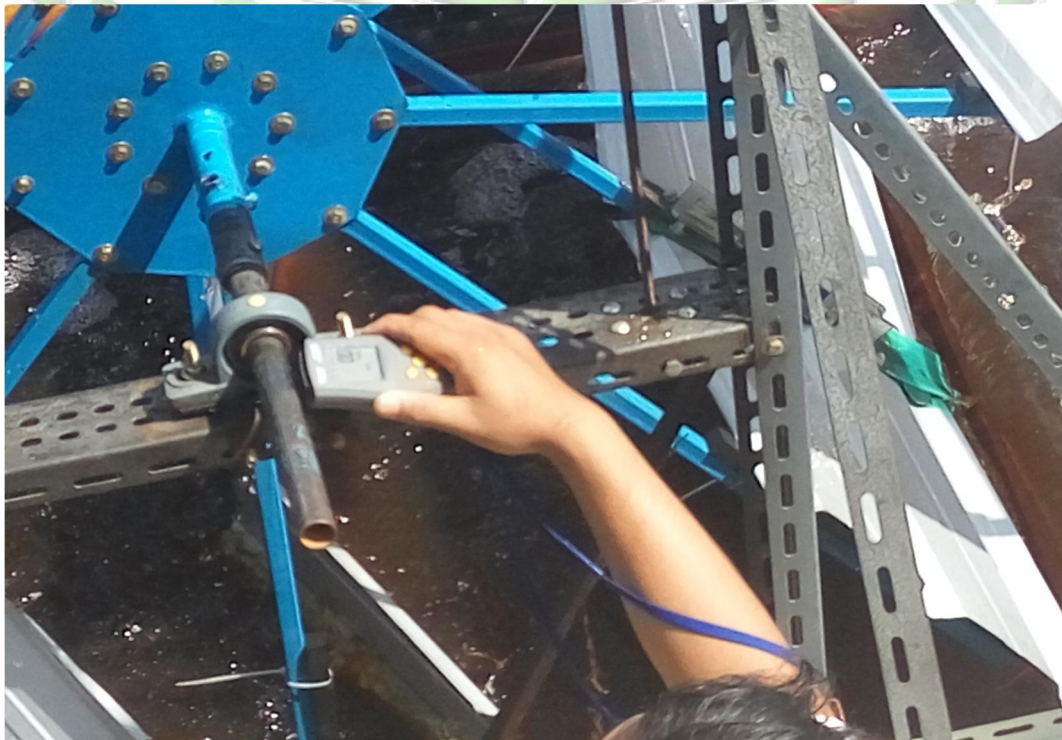
Perakitan Pembangkit di Balai Latihan Kerja Kota Palangka



Perakitan Generator



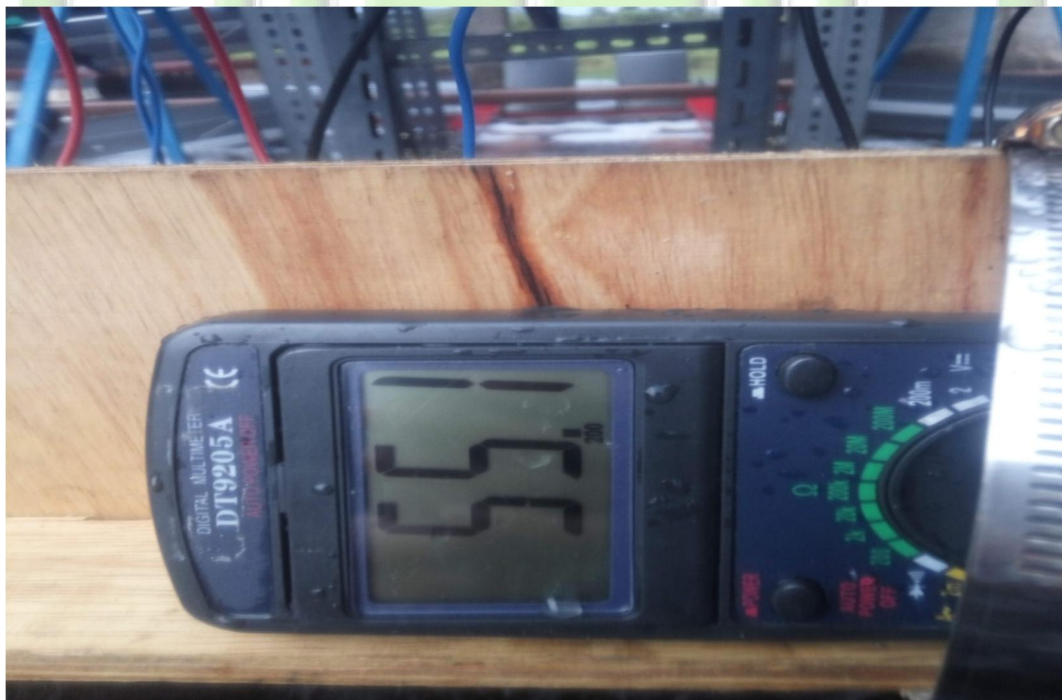
Pengujian Lapangan



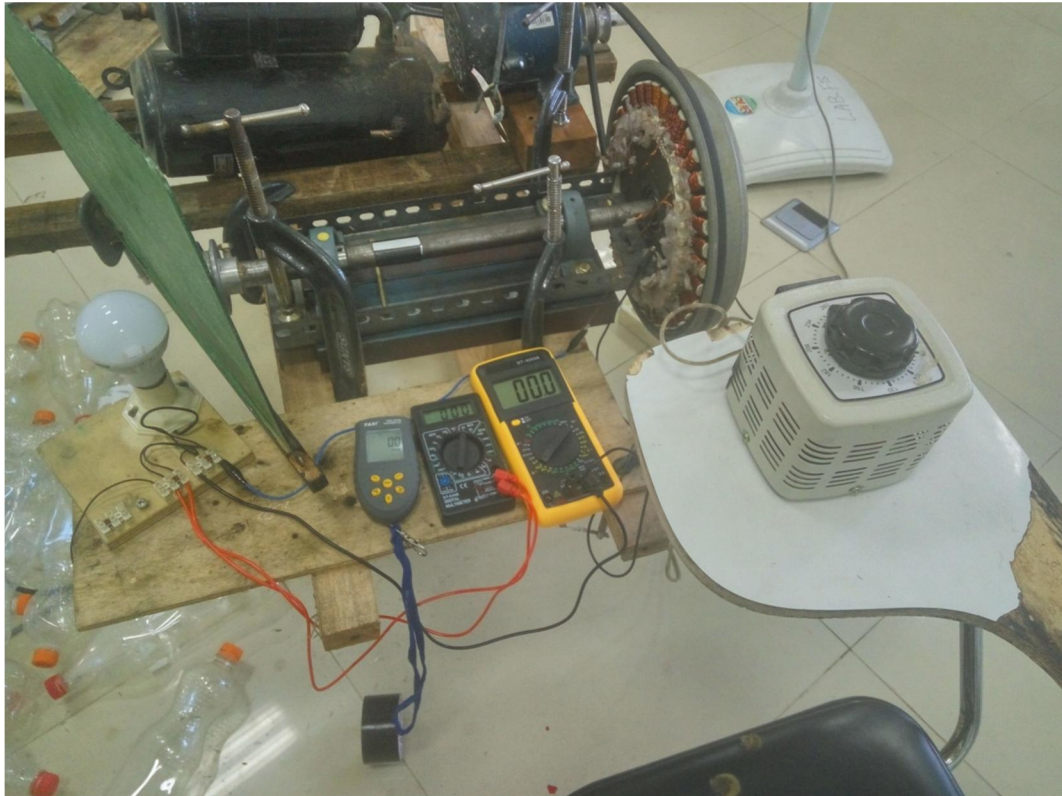
Pengambilan Data Kecepatan Putar Kincir pada Uji Lapangan



Pengambilan Data Kecepatan Putar Generator pada Uji Lapangan



Pengambilan Data Tegangan dan Arus Keluaran Generator pada Uji Lapangan



Pengujian Karakteristik Generator



Pengambilan Data Kecepatan Putar Generator, Tegangan dan Arus pada Pengujian Karakteristik Generator